

2819⁴ Zone

PATENT

Attorney Docket No.: 678-804 (P10162)

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANTS: Min-Goo KIM, et al.

SERIAL NO.: 10/072,579

FILED: February 6, 2002

DATED: April 8, 2002

FOR: APPARATUS AND METHOD FOR GENERATING
CODES IN A COMMUNICATIONS SYSTEM

RECEIVED.

MAY 06 2002

Commissioner for Patents
Washington D. C. 20231

Technology Center 2100

TRANSMITTAL OF CERTIFIED COPIES

Sir:

Enclosed are certified copies of Korean Patent Application Nos. 7139 and 6662 filed on February 7, 2001 and February 12, 2001, respectively, and from which priority is claimed under 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

Paul J. Farrell
Reg. No. 33,494
Attorney for Applicant(s)

DILWORTH & BARRESE, LLP
333 Earle Ovington Blvd.
Uniondale, NY 11553
TEL: (516) 228-8484
FAX: (516) 228-8516
PJF/lah

RECEIVED
TECHNOLOGY CENTER 2100
APR 17 2002CERTIFICATION UNDER 37 C.F.R. § 1.8(a)

I hereby certify that this correspondence (and any document referred to as being attached or enclosed) is being deposited with the United States Postal Service as first class mail, postage paid in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231 on April 8, 2002.

Dated: April 8, 2002

Paul J. Farrell



S.N. 10/072,579
ATY. DOC#: 678-804(P 10162)

10/072 579

대한민국 특허청
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 특허출원 2001년 제 6662 호
Application Number PATENT-2001-0006662

RECEIVED

MAY 06 2002

출원년월일 : 2001년 02월 12일
Date of Application FEB 12, 2001

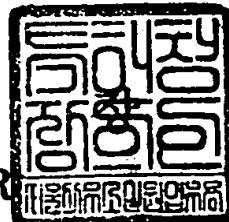
Technology Center 2100

출원인 : 삼성전자 주식회사
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.



2002 년 02 월 06 일

특 허 청



CERTIFIED COPY OF COMMISSIONER
PRIORITY DOCUMENT

【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0001
【제출일자】	2001.02.12
【국제특허분류】	H04M
【발명의 명칭】	통신시스템에서 부호 생성장치 및 방법
【발명의 영문명칭】	APPARATUS AND METHOD FOR GENERATING CODES IN COMMUNICATION SYSTEM
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	이건주
【대리인코드】	9-1998-000339-8
【포괄위임등록번호】	1999-006038-0
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김민구
【성명의 영문표기】	KIM,Min Goo
【주민등록번호】	640820-1067025
【우편번호】	442-470
【주소】	경기도 수원시 팔달구 영통동 973-3 우성아파트 822-406
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	하상혁
【성명의 영문표기】	HA,Sang Hyuck
【주민등록번호】	730219-1167429
【우편번호】	442-809
【주소】	경기도 수원시 팔달구 영통동 945~955 황골마을 주공아파트 108-200 2
【국적】	KR

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다.
대리인
이건주 (인)

【수수료】

【기본출원료】	20	면	29,000 원
【가산출원료】	50	면	50,000 원
【우선권주장료】	0	건	0 원
【심사청구료】	0	항	0 원
【합계】		79,000 원	
【첨부서류】		1. 요약서·명세서(도면)_1통	

【요약서】**【요약】**

본 발명에 따른, 준 보완터보부호 전송장치가, 터보부호기와, 미리 결정된 복수개의 부호율들에 따른 복수의 준보완터보부호들의 각각에 해당하는 서브부호들을 생성하기 위한 행렬식들을 저장하는 메모리 테이블과, 특정 준보완터보부호에 대응하는 천공 행렬식들은 전송 우선순위에 따라 정렬되어 저장되며, 상기 복수개의 부호율들중 지정된 부호율에 따른 준보완터보부호의 서브부호에 해당하는 행렬식을 상기 메모리 테이블로부터 리드하고, 리드된 행렬식에 따른 천공 및 반복 제어신호를 발생하는 제어기와, 상기 터보부호기로부터의 심볼들을 상기 천공 및 반복 제어신호에 따라 천공 및 반복하여 서브부호를 발생하는 서브부호 발생기를 포함하는 것을 특징으로 한다.

【대표도】

도 8

【색인어】

COMPLEMENTARY TURBO CODES, HARQ, TURBO CODES, PACKET COMBINING, SOFT COMBINING, THROUGHPUT, CODE COMBINING, TWO DIMENSIONAL TURBO CODES, ADAPTIVE QUASI COMPLEMENTARY TURBO CODES, GROUPING

【명세서】**【발명의 명칭】**

통신시스템에서 부호 생성장치 및 방법{APPARATUS AND METHOD FOR GENERATING CODES IN COMMUNICATION SYSTEM}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 터보 부호를 사용하는 패킷데이터 시스템에서 패킷 부호 결합(Packet code combining)과 패킷 다이버시티 결합(Packet diversity Combining)에 따른 성능차이 (AWGN에서)를 보여주는 그래프.

도 2는 종래기술에 따른 $R=1/5$ 터보 부호기를 가지고 준보완터보부호를 생성하기 위한 장치를 도시하는 도면.

도 3은 $R=2/3$ sub code를 사용하고 준 보완 부호(Quasi-complementary code) set size S=4인 경우의 패킷 부호 결합을 사용하는 HARQ 성능과 패킷 다이버시티 결합을 사용하는 HARQ의 성능을 실시간 데이터 처리율 (data throughput)을 기준으로 비교한 그래프를 도시하는 도면.

도 4는 종래기술에 따른 터보 보완 부호에 따른 서브 부호를 생성하기 위한 절차를 도시하는 도면.

도 5는 종래기술에 따른 터보 보완 부호에 따른 서브 부호를 생성하기 위한 절차를 도시하는 도면.

도 6은 종래기술에 따른 터보 보완 부호에 따른 서브 부호를 생성하기 위한 절차를 도시하는 도면.

도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 2차원 준보완터보부호를 생성하기 위한 절차를 도시하는 도면.

도 8은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 적응형 준보완터보부호를 생성하기 위한 절차를 도시하는 도면.

도 9는 본 발명에 따른 적응형 준보완터보부호 생성방식의 일 예를 보여주는 도면.

도 10은 본 발명에 따른 적응형 준보완터보부호 생성방식의 다른 예를 보여주는 도면.

도 11은 본 발명의 실시 예에 따른 적응형 준보완터보부호를 전송하기 위한 절차를 도시하는 도면.

도 12은 본 발명의 실시 예에 따른 2차원 준보완터보부호를 전송하기 위한 절차를 도시하는 도면.

도 13은 본 발명의 실시 예에 따른 준보완터보부호를 전송하기 위한 장치를 도시하는 도면.

【발명의 상세한 설명】**【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

- <14> 본 발명은 데이터 통신시스템의 부호생성에 관한 것으로, 특히 재전송방식을 사용하는 패킷통신시스템과 혹은 재전송을 사용하는 일반적인 통신시스템에서 터보부호의 특성을 고려한 2차원 준 보완터보부호 (2 dimensional quasi complementary turbo codes)와 적응형 준 보완터보부호 (adaptive quasi complementary turbo codes)를 생성하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.
- <15> 통상 하이브리드 ARQ(Hybrid ARQ)방식을 사용하는 시스템에서 전송효율 (throughput)을 개선하고자 연성 결합(Soft combining)을 사용하며 여기에는 두 가지 방식이 가능하다. 첫 번째 방식으로 packet diversity combining(패킷 다이버시티 결합)을 사용하는 구조이며, 두번째 방식으로 packet code combining(패킷 부호 결합)을 사용하는 방식이다. 일반적으로 이 두 방식을 모두 Soft Packet Combining(연성 패킷 결합)이라고 말하며 이 중 상기 packet diversity combining 방식은 상기 packet code combining 방식에 비하여 성능면에서 sub-optimal 방식이지만 구현의 편이성 때문에 성능상의 큰 손실이 없는 경우 자주 사용되는 방식이다.
- <16> 통상적으로, Packet(패킷)을 전송하는 시스템에서 전송효율 (Throughput)을 증가시키기 위해서 연성 패킷 부호 결합을 사용한다. 즉, 각각의 전송마다 전달 되는 Packet에 대하여 부호율이 R인 상호 다른 부호를 전송하고 복호된 결과 수

신된 패킷에 오류가 검출되는 경우 이를 소멸시키지 않고 저장한 뒤에 향후 재전송되어 올 패킷과 연성결합 (Soft Combining)을 하는 방식을 말한다. 이때 재전송되는 패킷은 상호 다른 부호가 사용될 수 있다. 즉, 상기 패킷 부호 결합 방식은 부호율이 R인 N개의 패킷을 수신한 경우 각각의 패킷을 사용하여 실효 부호율(effective code rate)이 R/N 인 부호로 전환한 뒤에 복호함으로써 부호화이득(coding gain)을 얻는 효과를 갖는 방식이다.

<17> 반면에 패킷 다이버시티 결합은 각각의 전송마다 전달되는 Packet에 대하여 부호율이 R인 동일한 부호를 전송하고 복호된 결과 수신된 패킷에 오류가 검출되는 경우 이를 소멸시키지 않고 저장한 뒤에 향후 재전송되어 올 패킷과 연성결합(Soft Combining)을 하는 방식을 말한다. 이때 재전송되는 패킷은 항상 동일한 부호가 사용된다. 따라서 패킷 다이버시티 결합은 랜덤채널에서 일종의 Symbol Averaging (심볼에너지 평균과정)으로 볼 수 있으며 수신심볼 연성출력(soft output)을 평균함으로써 얻는 잡음전력감소 효과와 페이딩 채널에서 복수개의 심볼을 전송함으로써 다중성 채널에서 제공되는 다중성이득(diversity gain)만을 사용하는 방식이라고 볼 수 있다. 이에 반해서 패킷 부호 결합은 이러한 이득 이외에도 Code structure(코드 구조)에 따른 추가의 Coding Gain(코딩 게인)을 가지고 있다.

<18> 현재까지의 패킷통신 시스템에서는 구현의 용이함 때문에 대부분 패킷 다이버시티 결합을 사용하고 있으며 동기방식의 IS-2000 시스템과 비동기방식의 UMTS 시스템 등에서 이러한 방식이 고려되고 있다. 그러나 이는 기존의 패킷통신 시스템들이 대부분 길쌈부호를 사용하였고, 길쌈부호의 경우 부호율 R 이 낮은 부호

(codes)를 사용하는 경우에 상기 패킷 다이버시티 결합을 사용한다 해도 그리 큰 이득이 제공되지 않기 때문이었다. 즉, $R=1/3$ 사용하는 시스템에서 재전송이 가능한 경우, 상기 패킷 다이버시티 결합을 사용하는 경우와 패킷 부호 결합을 사용하여 $1/6$ 부호율을 사용하는 경우의 성능차이가 그리 크지 않기 때문에 구현의 복잡도를 고려하여 패킷 다이버시티 결합을 사용하였다. 그러나 오류정정부호(Forward Error Correction Codes: FEC)로 터보 부호를 사용하는 경우에는 이러한 기존의 개념과는 다른 방식이 요구된다. 왜냐하면 터보 부호는 반복 복호(iterative decoding)에 의해서 그 성능이 Shannon limit에 근접하도록 설계된 오류정정부호이며, 부호율에 따른 성능의 차이가 기존의 길쌈 부호(Convolutional codes)와는 달리 분명하게 존재하기 때문이다. 특히 높은 부호율(high code rate)을 사용하는 터보부호의 경우 낮은 부호율(low code rate)를 사용하는 터보부호에 비하여 패킷 다이버시티 결합과 패킷 부호결합 사이의 성능차이의 정도가 매우 크다. 즉, 이러한 점을 고려할 때 재전송을 사용하는 패킷통신 시스템에서는 터보 부호(Turbo codes)를 사용하는 패킷 부호 결합 방식을 구현하는 것이 성능을 향상시키는 방법이 된다. 이러한 사실에 근거하여 연성결합을 사용하는 시스템에서 성능을 향상시키고자 준보완터보부호(Quasi complementary turbo codes)가 제안되었으며 그 구체적인 생성방법에 대해 설명하면 다음과 같다. 상기 준보완터보부호(QCTC)에 대한 내용은 본원 출원인이 기출원한 대한민국 특허출원 P2000-62151에 상세히 기술되어 있다.

<20> 종래에 제안된 준보완터보부호를 사용하여 패킷 부호 결합과 패킷 다이버시티 결합을 데이터 레이트에 따라서 가변적으로 사용하는 시스템의 동작방식은 다음과 같다. 예를 들어 $R=1/5$ 터보 부호를 사용하는 시스템의 경우 재전송된 패킷들로부터 연성결합(soft combining)에 의해 구한 코드워드(code word)의 전체 부호율(overall code rate)이 $1/5$ 이 되기까지는 패킷 부호 결합(packet code combining)을 사용하고, 이후부터 재전송되는 패킷들에 대해서는 우선 패킷 다이버시티 결합(packet diversity combining)을 사용하고 이어서 패킷 부호 결합을 사용한다. 즉, 처음 전송하는 패킷의 부호율 R 이 $1/3$ 인 경우 다음 번 재전송 요구 때에는 Overall code rate R 이 $1/5$ 이 되도록 나머지 redundancy(리던던시)를 전송한다. 따라서 수신기가 두개의 packets을 모두 수신하면 overall code rate는 $R=1/5$ 이 되며 그 이후에 전송되는 packet들에 대해서는 각각을 반복해서 전송하고, 수신기는 패킷 다이버시티 결합을 사용한 후에 $R=1/5$ code rate를 기준으로 재전송 packet을 패킷 부호 결합을 수행한다.

<21> 도 1은 터보 부호의 경우 패킷 부호 결합 방식과 패킷 다이버시티 결합 방식 사이의 성능차이를 보였다. 일반적으로 동일한 coded symbol energy E_s 와 동일한 부호율을 가정할 때 길쌈 부호와는 달리 터보 부호의 성능은 반복(iteration)이 충분히 제공되는 경우 Shannon Channel Capacity limit에 근접하는 성능을 부호율에 따라서 제공한다. 따라서 동일한 E_s 를 가정하는 경우 낮은 부호율의 터보 부호는 높은 부호율의 터보 부호에 비하여 상당한 성능이득을 제공하는 것으로 알려져 있다. 예를 들어 부호율이 $R=1/3$ 에서 $R=1/6$ 로 감소하는 경우 Shannon Channel Capacity limit의 변화를 분석해서 그 성능차이를 예측할 수

있다. 여기서 주의할 부분은 Hybrid ARQ를 사용하지 않는 즉 재전송을 사용하지 않는 시스템의 경우 기존의 부호율에 따른 터보 부호의 성능분석이 부호율 R 의 감소로 인한 심볼 에너지(symbol energy)의 감소를 고려해서 비교한 반면에 Hybrid ARQ를 사용하는 시스템에서는 재전송마다 동일한 심볼 에너지 E_s 를 사용하므로 $R=1/3$ 의 경우나 $R=1/6$ 의 경우나 동일한 심볼에너지 E_s 를 가진다. 따라서 $R=1/3$ 의 부호를 2번 반복해서 패킷 다이버시티 결합하는 경우는 AWGN (Additive White Gaussian Noise) 채널에서 E_s/No 면에서 최대 3dB의 이득을 가지며 $R=1/6$ 부호를 사용하는 경우에도 기존의 $R=1/6$ 부호의 심볼 에너지에 비하여 E_s/No 면에서 3dB의 이득을 가지므로 이를 고려하여 비교해야 한다. 따라서 일반적으로 부호율에 따른 부호의 성능비교에서 사용하는 E_b/No 를 기준으로 그린 터보 부호의 성능곡선에서 $R=1/3$ 의 성능곡선도 패킷 다이버시티 결합 개인으로 +3dB scale이 평행 이동되고, $R=1/6$ 터보부호의 성능곡선도 $R=1/3$ 과 동일한 심볼 에너지를 사용하는 가정에서 +3dB scale이 평행 이동되므로 결국 E_b/No 를 기준으로 그린 $R=1/3$ 터보 부호와의 $R=1/6$ 터보 부호와의 성능차이가 패킷 부호 결합이 제공하는 성능차이가 된다. 이러한 code rates에 따른 성능차이는 다음의 Shannon Channel Capacity limit에 의해서 예측가능하며, 최소의 성능차이는 다음의 minimum required S/N을 사용하여 구할 수 있다.

<22> 부호율(Code rate)가 R 이고 encoder block size가 매우 큰 터보 부호를 사용하는 시스템에서 오류가 전혀 발생하지 않는 error free의 채널을 제공하기 위한 최소 E_b/No 는 하기 수식으로 결정된다.

<23> $E_b/No > (4R-1) / 2R$

<24> 이 식에 근거하여 AWGN에서 각각의 code rates에 터보 부호에서 요구되는 최소의 Eb/No 즉, minimum required Eb/No를 다음의 표 1에 보였다. 표 1에서 Typical Eb/No는 터보 부호의 encoding block size L_0 1024일 때 Bit error rate (BER)이 0.00001보다 작게 하기 위해서 요구되는 Eb/No를 보여준다.

<25> 【표 1】

Code rates	Required Eb/No (dB)	Typical Eb/No (db) for BER=10 ⁻⁵
3/4	0.86	
2/3	0.57	
1/2	0.00	
3/8	-0.414	
1/3	-0.55	
1/4	-0.82	
1/5	-0.975	
:		
0	-1.62	NA

<26> 상기 표 1에서 Code rate R_0 3/4, 2/3, 1/2, 3/8, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6 인 경우에 각각에 요구되는 Eb/No는 각각 0.86, 0.57, 0.0, -0.414, -0.55, -0.82, -0.975, -1.084 (dB)임을 알 수 있다. 표 1에서 부호율 $R=1/3$ 인 부호를 사용하는 시스템과 부호율 $R=1/6$ 인 부호를 사용하는 시스템 사이에는 최소한 0.53dB 이상의 성능차이가 있음을 알 수 있다. 이는 Shannon limit에 따른 최소의 성능차이로 실제 구현가능한 복호기와 시스템 환경을 고려하면 그 차이는 이 보다 증가한다. 실제로 시뮬레이션에 의한 성능차이에 따르면 $R=2/3$ 부호를 사용하고 패킷 부호 결합을 사용하는 시스템과 동일한 부호율 $R=2/3$ 를 사용하고 패킷 다이버시티 결합을 사용하는 시스템 사이에는 약 1.12dB의 성능차이가 있음을 알 수 있다.

<27> 하기 표 2에 sub code rate로 $R=2/3$ 을 사용하는 시스템에서 한번의 재전송을 사용한 경우에 패킷 부호 결합을 사용하는 시스템과 동일한 부호율 $R=2/3$ 를 사용하고 패킷 다이버시티 결합을 사용하는 시스템 사이의 성능차이를 보였다. 표 2에서

<28> 보듯이 최소의 성능차이가 1.12dB이므로 터보 부호를 사용하는 시스템에서 패킷 부호 결합이 많은 성능 이득을 가지는 것을 알 수 있다.

<29>

【표 2】

Items	Packet Combining	Code Combining
Mother code rate R_m	1/3 (X, Yo, Y'o) in Figure 1	1/3 (X, Yo, Y'o) in Figure 1
Block size (L)	496	496
Maximum number of iterations	8	8
Number of transmissions	2	2
Actual Tx code rate R_e for each transmission	2/3(by puncturing) See section 3.	2/3(by puncturing) See section 3.
Redundancy selection	Identical pattern for all transmissions. See section 3.	Different pattern for all transmissions. See section 3.
Soft Combining	Packet diversity combining	Packet code combining
Gain through retransmissions	Symbol repetition gain	Coding gain for low rate codes
Minimum required Eb/No in Table 3	+0.57(dB)	R-2/3 +0.57(dB) R-2/6 -0.55(dB)
Required Eb/No at 2'nd retransmissions	+0.57-3.0(dB)	-0.55-3.0(dB)
Relative performance gain	0	1.12(=0.57+0.55) dB
Simulated relative gain (@ BER=10 ⁻⁵)	0	2.5(dB)

<30> 따라서 상기의 분석에 의해서 터보 부호(Turbo codes)를 사용하는 재전송

시스템에서 아래와 같은 단계에 의해서 서브 부호율(Sub code rate)을 구하고 이를 패킷 부호 결합을 위한 sub code set으로 사용하면 앞서 제시한 code combining에 의한 이득을 얻을 수 있다. 즉, 아래의 절차에 의해 구한 이러한 서브 부호 집합(sub codes set)을 사용함으로써 동일한 양의 재전송을 요구하는 시스템의 성능을 최대로 개선 시킬 수 있다.

- <31> 이하 설명되는 도 4 내지 도 6은 종래기술에 따른 터보 보완 부호에 따른 서브 부호들을 생성하기 위한 절차를 도시하고 있다. 특히, 도 4는 S개의 서브 부호들 중 첫 번째 서브부호(C_0)를 생성하기 위한 절차이고, 상기 도 5는 $C_1 \sim C_{S-2}$ 를 생성하기 위한 절차이며, 상기 도 6은 마지막 서브부호(C_{S-1})을 생성하기 위한 절차를 나타낸다.
- <32> 한편, 이하 설명되는 ENC1(이하 제1부분이라 칭함)은 각 서브 부호 매트릭스를 두 부분으로 구분하여 상위의 정보부분(systematic part)와 제1패러티부분(1st parity party)를 나타내고, ENC2(이하 제2부분이라 칭함)는 하위의 제2패러티 부분(2nd parity part)을 나타낸다. 예를 들어, 도 2를 참조하면, 상기 정보부분은 'x'이고, 상기 제1패러티부분은 'y'0', 'y'1'이며, 상기 제2패러티부분은 'y'0', 'y'1'이다.
- <33> 상기 도 4를 참조하면, 먼저 401단계에서 데이터 전송시스템이 제공할 수 있는 최대의 부호율 R_{max} 를 정한다. 이는 사용하는 시스템의 전송데이터 레이트에 의해서 결정되며 대부분 주어지는 값이 된다. 그리고 상기 정의되는 부호율 $R_{max}=(k/n)$ 의 정수 M배가 될 수 있는 최소의 부호율 R_{min} 을 정한다. 물론 상기 최소 부호율은 임의로 결정할 수 있으나 통상은 1/6 혹은 1/7 이하의 부호율을 사용한다. 이는 터보 부호의 경우 $R=1/7$ 이하에서는 부호율 감소에 따른 코딩 게인(Coding Gain)이 포화되는 성향을 보이기 때문이다. 그리고, 수신단 복호기의 실제 부호율(R , 모 부호율)을 정한다. 상기 부호율(R)은 ($R > R_{min}$)이 관계를 만족하도록 설계한다.

<34> 그리고, 상기 최대 부호율(R_{max}) 및 최소 부호율(R_{min})을 구한후, 403단계에서 상기 최대 부호율과 최대 부호율을 가지고 하기 <수학식 1>을 이용해 서브 부호의 개수(M)을 구한다.

<35> 【수학식 1】 $M = \lceil R_{max}/R_{min} \rceil$

<36> 상기 서브 부호 개수를 구한후, 405단계에서 변수 m 을 ''1'로 초기화하고, 407단계에서 $C(m)$ 을 결정한다. 여기서, 상기 C 는 각 서브 부호 매트릭스의 컬럼(column)의 크기를 나타낸다. 상기 C 는 상기 결정된 최대 부호율에 근거하여 결정되어진다. 예를들어, 상기 최대 부호율이 $3/4$ 인 경우, 상기 C 는 $3, 6, 9, \dots$ 가 될 수 있으며, 상기 가능한 크기들중 최소의 값으로 결정한다. 여기서, 상기 최대 부호율을 $3/4$ 로 가정하였기 때문에, C 는 '3'으로 설정한다. 그리고, 상기 변수 m 과 상기 최대 부호율의 부호심볼수(n)을 곱해 변수 N_s 를 정의한다. 상기 변수 N_s 는 각 서브 부호 매트릭스에서 선택되어질 심볼수를 나타낸다.

<37> 그리고, 409단계에서 상기 N_s 가 상기 C 보다 큰지를 검사한다. 즉, 매트릭스에서 선택할 심볼의 수가 상기 매트릭스의 컬럼 사이즈보다 큰지를 검사한다. 여기서, 크다는 것은 상기 선택할 심볼의 수가 정보심볼의 개수를 넘는 것을 의미하고, 작다는 것은 상기 선택할 심볼의 수가 정보심볼의 개수보다 작다는 것을 의미한다. 만일, 크지 않다면 413단계로 진행하여 상기 N_s 가 2보다 큰지를 검사한다. 즉, 상기 선택할 심볼의 수가 적어도 2개 이상인지를 검사한다. 만일, 2 이상이면, 415단계로 진행하여 하기 수학식 2에 의해 turbo 부호기의 제 1부호기의 출력 제1부분과 turbo 부호기의 제2 부호기의 출력 제2부분에서 각각 심볼들을

선택한다(혹은 천공하지 않는다). 하기 수학식 2에서 parity라 함은 ENC의 parity 심볼 부분을 선택한다는 의미이다.

<38> $\lceil N_s/2 \rceil \text{ ENC1(sys+parity)}$

【수학식 2】 $\lfloor N_s/2 \rfloor \text{ ENC2(parity)}$

<39> 상기 '2'보다 작으면 417단계로 진행하여 상기 변수 m을 1만큼 증가시킨후, 상기 407단계로 되돌아가 이하 과정을 재수행한다.

<40> 한편, 상기 변수 N_s 가 상기 C보다 크면, 411단계로 진행하여 상기 N_s 에서 상기 C를 감산한 값이 2 이상인지를 검사한다. 이는 정보심볼을 모두 선택하고도 적어도 2개의 선택할 심볼들이 존재하는지 검사하는 것이다. 이렇게 하는 이유는 이렇게 하는 이유는 터보부호는 기존의 다른 단일부호와는 도면 2에서 보듯이 두 개의 부속부호(Component code) ENC1과 ENC2가 병렬로 터보인터리버에 의해서 연결된 구조의 부호이다. 따라서 상기 N_s 에서 상기 C를 감산한 값이 2보다 작으면 결국 1개의 심볼만이 사용할 수 있는 것이고 따라서 다음과 같이 두 가지 경우만이 가능하다. 첫째는 이 한 개의 심볼을 ENC1(부속부호 1)의 패리티부분에 할당하는 방법이고 두 번째는 ENC2(부속부호 2)의 패리티 부분에 할당하는 방법이다. 그러나 두 경우 모두 터보부호의 관점에서 큰 문제점을 지니고 있다. 첫 번째의 경우에는 ENC2(

부속부호 2)에 할당되는 패리티 심볼이 전혀 없다. 따라서 결국 이 부호는 터보부호가 아닌 ENC1(부속부호 1)만으로 구성된 K=4인 길쌈부호(convolutional codes)가 되고 터보부호가 가지는 터보인터리버 이득을 전혀 제공하지 못하는 결과를 초래한다. 두 번째의 경우에도 ENC1(부속부호 1)에서 보면 정보어심볼(systematic symbol)만이 전송되고 패리티 심볼이 전혀 사용되지 않으므로 부호율이 1인 부호가 되며 부호율이 1이므로 부호이득(coding gain)이 전혀 없는 부호화하지 않은 uncoded system 방식이 된다. 따라서 최소한 상기 N_s 에서 상기 C를 감산한 값이 2보다 작으면 터보부호의 성능을 제공할 수 없으며, 최소한 2 이상이 되어야 터보부호의 성능을 제공한다.

<41> 만일, 상기 411 단계 조건을 만족하면, 419단계로 진행하여 상기 C개의 정보심볼들을 선택한후 소정 정해진 타입에 따라 나머지 심볼을 선택한다. 타입1인 경우, 421단계로 진행하여 하기 수학식 3에 의해 제1패러티 부분과 제2패러티 부분의 심볼들을 각각 선택한후 종료한다. 하기 수학식 3에서 parity라 함은 ENC의 parity 심볼 부분을 선택한다는 의미이다.

<42> $\lceil (N_s - C)/2 \rceil \text{ ENC1}(\text{parity})$

【수학식 3】 $\lfloor (N_s - C)/2 \rfloor \text{ ENC2}(\text{parity})$

<43> 한편, 타입2인 경우 423단계로 진행하여 하기 수학식 4에 의해 제1패러티 부분과 제2패러티 부분의 심볼들을 각각 선택한후 종료한다. 상기 타입2는 미리 정해진 비율에 따라 제1패터리 부분과 제2패터리 부분의 심볼들을 선택하는 것을 의미한다. 하기 수학식 4에서 parity라 함은 ENC의 parity 심볼 부분을 선택한다는 의미이다.

<44> $\lceil \alpha(N_s - C)/(a+b) \rceil \text{ ENC1}(\text{parity})$

$\lfloor b(N_s - C)/(a+b) \rfloor \text{ ENC2}(\text{parity})$

【수학식 4】 $a+b=1$, 여기서 a,b 는 ENC1 및 ENC2의 심볼선택분배비를 나타냄.

<45> 한편, 411단계의 조건을 만족하지 않으면, 미리 정해진 타입에 따라 심볼들을 선택한다. 타입1인 경우 425단계로 진행하여 하기 수학식 5에 의해 제1부분과 제2부분의 심볼들을 각각 선택한후 종료한다. 여기서, 제1부분의 심볼을 선택할 때 적어도 하나는 제1패러티부분에서 선택하도록 한다. 하기 수학식 5에서 parity라 함은 ENC의 parity 심볼 부분을 선택한다는 의미이다.

<46> $\lceil N_s/2 \rceil \text{ ENC1}(\text{단, 적어도 하나는 } \text{parity} \text{에서 선택})$

【수학식 5】 $\lfloor N_s/2 \rfloor \text{ ENC2}(\text{parity})$

<47> 한편, 타입2인 경우 427단계로 진행하여 하기 수학식 6에 의해 제1부분(parity)과 제2부분에서 각각 심볼들을 선택한후 종료한다.

<48> $\lceil \alpha(N_{sy}/(a+b)) \rceil \text{ ENC1}(\text{parity})$

【수학식 6】 $\lfloor b(N_s)/(a+b) \rfloor \text{ ENC2}(\text{parity})$

<49> 이하 C_1 부터 C_{s-2} 까지의 서브 부호 매트릭스를 구성하는 방법을 설명한다.. 여기서, C_1 에서부터 C_{s-2} 까지의 서브 부호 매트릭스들을 모두 생성할때 까지 상기 도 5의 알고리즘을 반복한다.

<50> 상기 도 5을 참조하면, 501단계에서 이전 구성된 매트릭스들을 참조하여 정보심볼들이 모두 선택되었는지를 검사한다. 만일, 상기 정보심볼들이 모두 선택되었다면 바로 507단계 혹은 509단계로 진행하며, 상기 정보심볼들이 모두 선택되지 않았다면 503단계로 진행하여 선택되지 않은 정보심볼들을 선택한다. 여기서, 상

기 선택되는 정보심볼의 수를 N_s 이라 정의한다. 이후, 505단계에서 상기 N_s 에서 상기 N_s 을 감산하여 새로운 N_s 를 정의한다. 여기서, 새로이 정의된 N_s 는 각 서브부호 매트릭스에서 선택할 패리티 심볼수를 나타낸다.

<51> 상기 505단계에서 구해진 선택할 패리티 심볼수를 구한후, 혹은 상기 501단계의 조건이 만족되면, 미리 정해진 타입에 따라 패리티 심볼들을 선택하게 된다. 만일 타입1인 경우, 507단계로 진행하여 하기 수학식 7에 의해 제1패러티부분과 제2패러티부분에서 각각 심볼들을 선택한다. 상기 507단계 및 상기 507단계를 수행함에 있어, 기존에 선택되지 않은 심볼들을 선택한다.

<52> $\lceil N_s/2 \rceil \text{ ENC1}(\text{parity})$

【수학식 7】 $\lfloor N_s/2 \rfloor \text{ ENC2}(\text{parity})$

<53> 한편, 타입2인 경우 509단계로 진행하여 하기 수학식 8에 의해 제1패러티부분과 제2패러티부분에서 각각 심볼들을 선택한다.

<54> $\lceil a(N_s)/(a+b) \rceil \text{ ENC1}(\text{parity})$

【수학식 8】 $\lfloor b(N_s)/(a+b) \rfloor \text{ ENC2}(\text{parity})$

<55> 이하 마지막 서브 부호 매트릭스(C_{s-1})를 구성하는 방법을 설명한다.

<56> 상기 도 6을 참조하면, 601단계에서 이전 구성된 매트릭스들을 참조하여 선택되지 않았던 심볼들을 선택한다. 여기서, 상기 선택된 심볼의 개수를 N_s 라 정의한다. 그리고, 603단계에서 상기 N_s 에서 상기 N_s 를 감산하여 새로운 N_s 를 정의한다. 여기서, 상기 새로이 정의된 N_s 는 반복할 심볼의 개수를 나타낸다. 그리고 605단계에서 상기 새로이 정의된 N_s 가 '0'보다 큰지를 검사한다. 만일, 동일하다

면 종료하고, 크다면 상기 N_s 만큼의 심볼의 개수를 반복한다. 여기서 상기 반복되는 심볼들은 가능한 정보심볼(systematic)이 반복되도록 한다.

<57> 예를 들어서, 시스템이 제공하는 가장 최대의 부호율 $R_{max}=3/4$ 이고, 시스템이 제공할 수 있는 복호기의 부호율 R 이 $1/5$ 인 경우 다음과 같이 R_{min} 과 M 이 결정된다.

<58> $R_{min}=1/6$: 최대 재전송의 한계에 의해서 결정된다.

<59> $M=6/(4/3)=4.5 \rightarrow 5$

<60> 따라서 Sub code set size: 5

<61> $\{C_0, C_1, C_2, C_3, C_4\} : R_{max}=3/4$

<62> Sub codes를 결합 $\rightarrow (1/M) \times R_{max} = (1/5) \times (3/4) = 3/20$

<63> $M \times b = 5 \times 4 = 20$, $5 \times a = 5 \times 3 = 15$, 따라서 $20 - 15 = 5$ 심볼을 정보심볼에서 반복되도록 한다.

<64> 전체 Sub codes를 결합하면 $R_{min}=3/20$ 이 된다. 따라서 $R=1/5$ 의 복호기를 사용하는 경우에는 20개의 부호심볼 중에서 5개의 심볼을 반복하면 된다. 따라서 각각의 서브 부호에서 정보심볼(Systematic symbol)인 X 를 1번씩 반복하도록 서브 부호를 구성하면, 복호기는 M 개의 서브 부호들을 모두 수신하는 경우 정보심볼이 2번 반복된 $R=1/5$ 터보 부호를 구할 수 있으며 이를 가지고 복호를 수행한다.

<65> 그러나 상기와 같이 종래 기술에서는 각각의 Quasi complementary turbo codes를 사용하는 정보어 블록 혹은 서브부호가 항상 일정한 부호율(code rate)를 사용하는 경우를 가정하였으며, 하나의 정보어 블록이 전송되는 동안 동일한

Quasi complementary turbo codes set을 사용하는 것을 설명하고 있다. 즉, 1차 원의 Quasi complementary turbo codes를 생성하는 방식에 주안점이 있으며, 이들 생성된 Quasi complementary turbo codes 들의 전송방식에 관해서는 구체적인 기술이 없었다. 즉, 채널환경의 변화나 혹은 부호기에 입력되는 정보어의 길이의 변화에 따른 부호율이 서로 상이한 Quasi complementary turbo codes의 선택과 전송방식에 관해서는 구체적인 방법이 제시되고 있지 않다. 실제로 채널환경이 좋은 경우 전송시스템의 전송효율을 올리기 위해서는 현 시점 이전까지 전송한 Quasi complementary turbo code set의 부호가 아닌 새로운 높은 부호율의 Quasi complementary turbo code set의 서브부호를 사용하는 것이 바람직하고, 채널환경이 악화된 경우 전송시스템의 전송효율을 올리기 위해서는 앞서와는 반대로 낮은 부호율의 Quasi complementary turbo codes를 사용하는 것이 바람직하다. 즉, 이러한 채널환경 및 기타 요인에 의한 변화에 전송하는 Quasi complementary code set을 가변적으로 결정하기 위한 적응형 Quasi complementary turbo codes를 생성하는 것이 필요하다. 따라서 이하 본 발명에서 는 이러한 적응형 Quasi complementary turbo codes를 고안하며, 여기에는 복수 개의 부호율을 가지는 서브부호를 각각 구성하고 이를 순차적인 조합에 의해 구현하는 2 dimensional (2차원) Quasi complementary turbo codes(이하 2차원 준 보완터보부호라 칭함)를 사용하는 방식과 하나 혹은 복수개의 서브부호를 채널환경에 따라 임의의 크기로 연접(Grouping or Concatenation)하여 전송하는 적응형

1차원 즉, adaptive one dimensional Quasi complementary turbo codes(이하 적응형 준보완터보부호라 칭함)를 사용하는 방식에 대해 상세히 기술할 것이다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <66> 따라서 본 발명의 목적은 통신 시스템에서 터보부호의 특성과 채널환경, 그리고 입력데이터의 전송율을 모두 고려하는 패킷 부호 결합 장치 및 방법을 제공함에 있다.
- <67> 본 발명의 다른 목적은 통신 시스템에서 터보부호의 특성, 채널환경 및 입력데이터의 전송율을 고려하여 서로 다른 부호율의 준보완터보부호를 전송하기 위한 장치 및 방법을 제공함에 있다.
- <68> 본 발명의 또 다른 목적은 통신시스템에서 부호율이 서로 다른 복수의 준보완터보부호들을 생성하고, 주어진 환경에 따라 선택된 준보완터보부호를 전송하기 위한 장치 및 방법을 제공함에 있다.
- <69> 본 발명의 또 다른 목적은 통신시스템에서 터보부호의 특성을 고려하여 소정의 준보완터보부호를 생성하고, 상기 준보완터보부호에 해당하는 복수의 서브부호들을 주어진 규칙에 의해 연성결합하여 전송하기 위한 장치 및 방법을 제공함에 있다.
- <70> 상기한 본 발명의 목적들을 달성하기 위한, 상기한 본 발명의 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 제1견지에 따르면, 준 보완터보부호 전송장치에 있어서, 터보부호기와, 미리 결정된 복수개의 부호율들에 따른 복수의 준보완터보부호들의

각각에 해당하는 서브부호들을 생성하기 위한 행렬식들을 저장하는 메모리 테이블과, 특정 준보완터보부호에 대응하는 천공 행렬식들은 전송 우선순위에 따라 정렬되어 저장되며, 상기 복수개의 부호율들중 지정된 부호율에 따른 준보완터보부호의 서브부호에 해당하는 행렬식을 상기 메모리 테이블로부터 리드하고, 리드된 행렬식에 따른 천공 및 반복 제어신호를 발생하는 제어기와, 상기 터보부호기로부터의 심볼들을 상기 천공 및 반복 제어신호에 따라 천공 및 반복하여 서브부호를 발생하는 서브부호 발생기를 포함하는 것을 특징으로 한다.

<71> 본 발명의 제1견지에 따르면, 준보완터보부호 전송장치에 있어서, 터보부호기와, 특정 준보완터보부호의 서브부호들을 소정 규칙에 의해 그루핑하여 만들어지는 복수의 준보완터보부호들의 각각에 해당하는 서브부호들을 생성하기 위한 $i*j$ (i 는 준보완터보부호의 개수, j 는 하나의 준보완터보부호에 해당하는 서브부호의 개수)개의 행렬식들을 저장하는 메모리 테이블과, 상기 복수개의 부호율들 중 지정된 부호율에 따른 준보완터보부호의 서브부호에 대응하는 행렬식의 인덱스를 하기 수학식 14를 이용하여 구하고, 상기 구해진 인덱스에 해당하는 행렬식을 상기 메모리 테이블로부터 리드하여, 리드된 행렬식에 따른 천공 및 반복 제어신호를 발생하는 제어기와, 상기 터보부호기로부터의 심볼들을 상기 천공 및 반복 제어신호에 따라 천공 및 반복하여 서브부호를 발생하는 서브부호 발생기를 포함하는 것을 특징으로 한다.

$$<72> j = (j_{pre} + g_{pre}) \bmod Sp$$

<73> 여기서, j는 이번에 전송할 서브부호의 열 인덱스이고, Sp는 기간부호의 서브부호의 개수이고, j_pre는 이전 전송한 서브부호의 열 인덱스, g_pre는 이전 전송한 서브부호의 행 인덱스를 나타냄.

【발명의 구성 및 작용】

<74> 이하 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면의 참조와 함께 상세히 설명한다. 우선 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 동일 부호를 가지고 록 하였다. 또한 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단된 경우 그 상세한 설명은 생략한다.

<75> 이하 본 발명은 터보부호의 특성, 채널환경 및 입력데이터의 전송율을 고려하여 서로 다른 부호율을 가지는 준보완터보부호를 전송하는 방식에 대해 설명한다. 그 한 예로 복수의 서로 다른 부호율을 지닌 준 보완터보부호들을 구비하고 이를 중 매 시점마다 선택되는 준 보완터보부호의 서브부호를 전송하는 2차원 준보완터보부호 전송 방식이 있고, 다른 예로 복수개의 서브부호들이 하나의 서브부호집합을 구성하는 준 보완터보부호의 서브부호들을 주어진 전송율에 따른 임의의 크기로 연접하여 전송하는 적응형 준보완터보부호 전송 방식이 있다.

<76> 2차원 준 보완터보부호 (Two dimensional complementary turbo codes)

<77> 예를들어, 준 보완터보부호를 사용하는 통신시스템에서 전송하고자 하는 데이터의 전송율을 하나의 준 보완터보부호를 모두 전송완료하기 이전에 채널의 상황변화에 따라 새로운 부호율을 지닌 준 보완터보부호를 사용하는 경우를 가정한다. 즉, I_k 를 전송하고자 하는 정보어 혹은 데이터 블록이라고 가정하면, 준 보완터보부호를 사용하는 경우에 아래와 같이 터보 부호화(turbo encoding)에 의해 새로운 부호어가 생성된다. 아래의 식에서 QCTC_ENC는 Quasi complementary turbo code encoding을 의미하며 $C_j(k)$ ($j=0,1,2,3,\dots,S-1$) 는 I_k 로부터 준 보완터보부호에 의해서 생성되는 준 보완터보부호의 j 번째 서브부호를 의미한다. 여기서 S 는 앞서 설명한 바와 같이 정해진 서브부호의 부호율과 모부호의 부호율에 의해서 설정되는 준 보완터보부호의 부호집합크기를 나타낸다.

$$<78> C_j(k)=QCTC_ENC(I_k), \quad j=0,1,2,3,\dots,S-1$$

<79> 위 식에서 보듯이 기존의 1차원 준 보완터보부호는 하나의 I_k 에 대해서 전송이 완료될 때까지 하나의 준 보완터보부호 세트의 서브부호들을 차례로 전송한다. 즉, $C_0(k), C_1(k), C_2(k), \dots, C_{S-1}(k)$ 의 순서로 전송하며 이 사이에 부호율(정확히는 서브부호의 부호율)을 가변 시키는 방식의 가능성이 고려는 되었으나 그 구체적인 방식이 제시되지 않았다. 만일 준 보완터보부호를 사용하는 통신시스템에서 전송하고자 하는 데이터의 전송율을 하나의 준 보완터보부호를 모두 전송완료하기 이전에 채널의 상황변화에 따라 새로운 부호율을 지닌 준 보완터보부호들을 사용하려고 한다면 아래와 같이 서로 다른 부호율을 지닌 복수개의 준 보완터보부호들을 사용할 수 있다.

$$<80> C_{ij}(k)=QCTC_ENC(I_k), \quad i=0,1,2,\dots, NS-1, \quad j=0,1,2,3,\dots, Si-1$$

- <81> 위 식에서 QCTC_ENC는 Quasi complementary turbo code encoding을 의미하며 $C_{ij}(k)$ ($i=0,1,2,\dots,NS-1$, $j=0,1,2,3,\dots,S-1$) 는 I_k 로부터 준 보완터보부호에 의해서 생성되는 i 번째 준 보완터보부호의 j 번째 서브부호를 의미한다. 여기서 S_i 는 앞서 설명한 바와 같이 정해진 i 번째 준 보완터보부호의 부호세트 크기를 의미하며 i 번째 준 보완터보부호의 서브부호 부호율과 모부호의 부호율에 의해서 설정되는 i 번째 준 보완터보부호의 부호집합크기를 나타낸다. 따라서 준 보완터보부호를 사용하는 통신시스템에서 송신기는 채널환경의 변화나 혹은 서비스 데이터의 전송율 변화 등 다양한 전송환경에 변화에 의해서 NS 개의 준 보완터보부호들 중의 하나를 선택하여 임의의 시간에 전송할 수 있다. 즉, 1차원 준 보완터보부호에 비하여 이것은 2차원의 준 보완터보부호를 의미하며 이를 사용하는 통신시스템에서 성능을 최적화하기 위해서는 이들 NS 개의 준 보완터보부호들 사이의 상관관계를 분명히 분석하여 최적의 전송이 이루어지도록 설계되어야 한다. 왜냐하면 1차원 준 보완터보부호와는 달리 2차원의 준 보완터보부호에서는 임의의 준 보완터보부호들이 수신기에서 임의의 조합으로 결합될 수 있다. 따라서 준 보완터보부호들 상호간 결합으로 생성되는 부호의 구조가 앞서 제시한 터보부호가 지녀야 하는 성질을 만족하지 못하는 경우 성능감쇠가 발생할 수 있기 때문이다. 따라서 이러한 문제를 최소화하기 위한 방식으로 아래와 같은 방식을 제안 한다. 우선 이차원 준 보완터보부호는 다음의 조건을 만족하여야 한다.
- <82> 조건1. 임의의 복수개의 준 보완터보부호들의 결합에 의해 생성되는 부호가 모부호의 부호율을 가지기 위해 결합되는 서브부호의 수를 최소화해야 한다. 즉, 최

소개의 서브부호의 결합으로 모부호율을 달성하도록 각각의 서브부호의 생성행렬을 구성한다.

<83> 조건2. 상기의 조건1이 만족되는 범위에서 임의의 복수개의 준 보완터보부호들의 결합에 의해 생성되는 부호의 생성행렬의 원소는 가급적 균등한 가중치를 가진다. 즉, 최소개의 서브부호의 결합으로 생성되는 부호어의 생성행렬의 각각의 원소들은 가급적 균등한 반복(repetition) 혹은 천공(puncturing)회수를 가진다.

<84> 상기의 조건1과 조건2를 만족하기 위해서는 가장 중요한 것이 우선 각각의 준 보완터보부호의 생성행렬의 구성이며, 다음으로 중요한 것은 이들 복수개의 준 보완터보부호들이 선택되었을 때 어떤 순서로 해당되는 준 보완터보부호 집합에 있는 서브부호를 선택하여 전송하는 전송순위의 문제이다. 이를 해결하는 방식으로 다음의 2차원 준 보완터보부호의 구성방식을 고안한다. 여기서 고안하는 2차원 준 보안터보부호의 구성원리는 첫째, 최적의 1차원 준 보완터보부호를 사용하여 구하는 2차원 준 보완터보부호가 성능 면에서 임의로 선택되는 2차원 준 보완터보부호에 비하여 최소한 더 나은 이득을 보인다는 점이다. 둘째는 2차원 준 보완터보부호의 중요한 성능요소로 각각의 서브부호의 전송순서가 고려되며 이를 최적화하는 것이 필요하다는 점이다. 이 두 가지 원칙을 기반으로 상기 2차원 준 보완터보부호 생성방식을 상세히 설명하면 다음과 같다.

<85> 이하 설명에서 준 보완터보부호는 미리 정해진 모부호율과 주어진 준 보완터보부호의 서브부호 부호율을 가지고 생성되는 복수개의 서브부호들의 집합을 의미한다.

<86> 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 2차원 준 보완터보부호를 생성하기 위한 절차를 도시하고 있다.

<87> 상기 도 7을 참조하면, 먼저 701단계에서 각 복수개의 C_i 들에 대하여 최적의 1차원 Quasi Complementary Turbo Codes를 생성한다. 즉, 미리 정해진 모부호율과 주어진 준 보완터보부호의 부호율 R_i 을 가지고 S_i 개의 서브부호들에 생성하기 위한 각각의 생성행렬식들을 구한다. 이 과정은 기존의 준 보완터보부호를 구하는 과정과 동일하다. 단지, 복수개의 부호율들에 따른 복수개의 준보완터보부호 (C_i)들을 생성한다는 차이를 가진다.

<88> 상기 복수개의 준 보완터보부호들을 생성한 후, 703단계에서 C_{ij} ($i=0,1,2,\dots,NS-1$ (준보완터보부호의 개수), $j=0,1,2,3,\dots,S_i-1$) 중에서 즉, NS개의 준 보완터보부호들 중에서 최대의 세트크기 S 를 가지는 준 보완터보부호의 서브부호들의 열의 개수(Coloum Width : CW_f)를 결정한다. 여기서, f 는 $0 \leq f \leq NS-1$ 의 조건으로 결정된다.

<89> 상기 열의 개수 CW_f 를 결정한 후, 705단계에서 각각의 C_i 의 열의 개수가 CW_f 가 되도록 행렬식을 반복하여 새로운 행렬식을 구한다. 만일 임의의 C_i ($i=0,1,2,3,\dots,NS-1$)에 대해서 해당 열의 개수가 상기 CW_f 와 상호 정수배 관계가 성립되지 않으면 CW_f 를 CW_f 와 CW_i 사이의 최소공배수 즉, $LCM(CW_f, CW_i)$ 로 정의하고 이렇게 새로 구한 값을 CW_f 로 정의하여 새로운 행렬식을 구하게 된다.

<90> 상기 새로운 행렬식을 구한 후, 707단계에서 임의의 C_i 및 C_j ($i=0,1,2,3,\dots,NS-1$, $j=0,1,2,3,\dots,NS-1$)의 결합에 따라 생성되는 새로운 부

호어의 생성행렬의 원소들에 대해서 가급적 균등한 가중치를 가지도록 각 C_i 에서의 서브부호 C_{ij} 의 전송 우선순위를 결정한다. 즉, 최소개의 서브부호의 결합으로 생성되는 부호어의 생성행렬의 각각의 원소들은 가급적 균등한 반복(repetition) 혹은 천공(puncturing)회수를 가지도록 S_i 개의 서브부호들 사이의 전송순서를 결정한다. 단, 초기전송되는 C_{i0} 에 항상 정보어심볼이 전송되도록하는 준 보완터보부호의 기본조건이 우선된다. 즉, 어떠한 경우에도 C_{i0} 의 1행의 원소들인 정보어심볼이 우선 전송되어야 한다. 이를 만족하지 못하는 경우에는 서브부호어의 생성행렬의 각각의 원소들이 균등한 반복 또는 천공회수를 만족하지 아니하더라도 기존의 전송순서를 유지한다.

<91> 그리고 상기 전송 우선순위를 결정한후, 709단계에서 상기 전송 우선순위에 따라 각 C_i 의 서브부호 C_{ij} ($i=0,1,2,3,\dots,NS-1$, $j=0,1,2,3,\dots,NS-1$)를 정렬하여 새로운 서브부호 집합을 완성한다. 이후 각각의 C_i 가 임의로 선택되는 경우 각 서브부호 C_{ij} 는 j 의 오름차 순으로 전송된다. 예를 들어 $C_1 \rightarrow C_3 \rightarrow C_1$ 의 순으로 C_i 가 선택된 경우 서브부호의 전송순서는 $C_{10} \rightarrow C_{30} \rightarrow C_{11}$ 의 순서로 진행된다.

<92> 이하 본 발명에 따른 2차원 준 보완터보부호를 생성하기 위한 구체적인 예를 설명한다. 우선 통신시스템이 요구하는 준 보완터보부호의 개수(NS)가 4라고 가정하고 이를 각각의 C_i ($i=0,1,2,3(=NS-1)$)에 해당하는 부호율 R_i 가 각각 $R_0=1/4$, $R_1=1/3$, $R_2=1/8$, $R_3=1/2$ 라고 가정한다. 그리고 모부호율 R 은 $1/5$ 이라고 가정하면, 상기한 각각의 단계별로 구성되는 결과는 다음과 같다.



1020010006662

출력 일자: 2002/2/7

<93> <701 단계> 1차원 준비완터보부호를 생성

<94> R0=1/4, C0:

<95>

$$C00 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad C01 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

<96> R1=1/3, C1:

<97>

$$C10 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad C11 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

<98> R2=1/8, C2:

<99>

$$C20 = \begin{pmatrix} 2 \\ 2 \\ 1 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

<100> R3=1/2, C3:

<101>

$$C30 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \quad C31 = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad C32 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

<102> <703 단계> CW_f =2



1020010006662

출력 일자: 2002/2/7

<103> <705 단계>

<104> R0=1/4, C0:

<105>

$$C00 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \quad C01 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$$

<106> R1=1/3, C1:

<107>

$$C10 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 1 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \quad C11 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$$

<108> R2=1/8, C2:

<109>

$$C20 = \begin{pmatrix} 2 & 2 \\ 2 & 2 \\ 1 & 1 \\ 2 & 2 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$$

<110> R3=1/2, C3:

<111>

$$C30 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \quad C31 = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad C32 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

<112> <707 단계>

<113> R0=1/4, C0:

$$<114> \quad C_{00} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \quad C_{01} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$$

<115> R1=1/3, C1: C10과 C11의 전송순서를 상호 바꾼다.

$$<116> \quad C_{10} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} \quad C_{11} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 1 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

<117> R2=1/8, C2:

$$<118> \quad C_{20} = \begin{pmatrix} 2 & 2 \\ 2 & 2 \\ 1 & 1 \\ 2 & 2 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$$

<119> R3=1/2, C3: C30--> C32, C31-->C30 , C32--> C31, C31<-->C30의 순서로 재조정 한다.

$$<120> \quad C_{30} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad C_{31} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \quad C_{32} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

<121> 상기한 바와 같이, C1과 C3의 경우에는 상기 조건1과 조건2를 만족하기 위해서 각각의 서브부호 {C10, C11}과 {C30, C31, C32}를 소정의 전송 우선순위에 따라

순서를 다시 정렬한다. 여기서, 전송 우선순위를 0, 1, 2, ..으로 정의할 때 $C_i (i=0, 1, 2, \dots, NS-1)$ 에서는 항상 오름차순으로 각각의 서브부호가 전송된다. 예를 들어 $C_1 \rightarrow C_3 \rightarrow C_1$ 의 순으로 C_i 가 선택된 경우 서브부호의 전송순서는 $C_{10} \rightarrow C_{30} \rightarrow C_{11}$ 의 순서로 진행된다.

<122> 하기 <표 3>은 이러한 방식에 의해서 생성된 심볼 반복과 천공을 위한 행렬식을 보여준다. 하기 <표 3>에서 보듯이 복수개의 준 보완터보부호들에서 전송을 위한 순서는 순차적으로 결정된다. 참고로 <표 3>에서 $R=1/4$, $R=1/3$ 인 경우, 동일한 열벡터가 반복되는 705단계의 행렬식을 사용하지 않고 701단계의 행렬식을 사용하였다. 이는 표기상의 문제이며 동일한 성능이 제공된다. 따라서 이 둘 사이에는 차이가 없음을 명시한다. 한편, 단말기와 시스템은 하기 표 3과 같은 행렬식 테이블을 구비하고 지정된 부호율(또는 전송율)에 따른 행렬식을 상기 테이블에서 읽어와 모부호율의 터보부호기에서 발생하는 심볼을 반복 및 천공 제어하여 서브부호를 전송할 수도 있고, 미리 주어진 알고리즘에 따라 해당 행렬식을 생성하고 생성된 행렬식에 근거하여 심볼의 반복 및 천공 제어를 수행하여 서브부호를 전송할 수도 있다.

<123>

【표 3】

	C0	C1	C2	C3
R=1/2	$\begin{bmatrix} X \\ Y_0 \\ Y_1 \\ Y'_0 \\ Y'_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	NA
R=1/3	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	NA	NA
R=1/4	$\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	NA	NA
R=1/8	$\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	NA	NA	NA

<124> 1차원 적응형 준 보완터보부호 (One dimensional adaptive quasi complementary turbo codes)

<125> 앞서 제시한 2차원의 준 보완터보부호의 고안방식은 우선 1차원 준 보완터보부호를 각각의 C_i 의 부호율 R_i 에 따라서 모두 독립적으로 구한 후에 이들 C_i 의 서브부호 C_{ij} 들의 전송순서를 제어함으로써 2차원 준 터보부호의 성능을 개선시키고자 하는 방식이다. 이 방식은 각각의 C_i 를 독립적으로 구함으로써 각각의 부호의 최적화 구성은 간단하지만 한가지 문제점으로 지적될 수 있는 부분은 C_i 가 독립적으로 고안됨으로써 만일 임의의 C_i 의 부호율 R_i ($i=0, 1, 2, \dots, NS-1$)가 임의의 C_k 의 부호율 R_k ($k=0, 1, 2, \dots, NS-1$)의 정수배가 되는 경우 이들 사이에 최적화의 기회가 제공됨에도 불구하고 이를 사용하지 못하는 경우가 발생한다. 즉, 만일

$R_3=1/2$, $R_0=1/4$ 이라고 하면 2차원 준 보완터보부호에서는 C_3 와 C_0 를 각각 독립적으로 QCTC 알고리즘에 위해서 구한다. 그러나 여기서 준 보완터보부호의 성질을 충분히 활용하기 위해서는 앞서 제시한 조건1을 만족하는 것이 바람직하다. 따라서 이를 만족하는 한가지 방식은 $R=1/2$ 로 구한 준 보완터보부호 C_3 에서 연속해서 두 개의 서브부호 $\{C_{30}+C_{31}\}$ 혹은 $\{C_{31}+C_{32}\}$ $\{C_{32}+C_{30}\}$ 을 전송하면, 이후에 부호율이 $1/2$ 인 R_3 와 결합하는 경우 최적의 성능을 제공할 수 있다. 즉, C_i ($i=0, 1, 2, \dots, NS-1$) 중에서 가장 높은 부호율을 지닌 1차원 준 보완터보부호 (이를 Primitive code in a group라고 정의하며 이후 C_p 로 표기한다. 여기서 p 는 0에서 $NS-1$ 사이의 임의의 정수를 의미한다.)에 대하여 이를 최소의 단위로 분할하여 이를 해당 C_p 의 최대 부호율의 서브부호 C_{pj} ($j=0, 1, 2, \dots, S_j-1$)로 사용하고 이 보다 낮은 부호율 혹은 이의 정수배에 해당되는 부호율의 서브부호가 요구되는 경우 위와 같이 서브부호의 결합 (Concatenation) 혹은 Grouping에 의해 전송하는 것이 효과적이다. 즉, 채널상황의 변화나 입력 데이터 레이트의 변화에 따른 부호율의 변화를 해당 준 보완터보부호 중 기간부호 C_p 를 정하고 이 기간부호의 서브부호들간의 적응적 결합이나 그룹핑에 의해 부호율을 변화시키는 방식을 적응형 준 보완터보부호라 정의한다. 상기 적응형 준 보완터보부호를 상세히 살펴보면 다음과 같다.

<126> 도 8은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 상기 적응형 준 보완터보부호를 생성하기 위한 절차를 도시하고 있다.

<127> 상기 도 8을 참조하면, 801단계에서 사용하고자 하는 전송 부호율

R_i ($i=0, 1, 2, 3, \dots, NS-1$) 중에서 임의의 부호율들 상호간에 정수비가 존재하는 C_i ($i=0, 1, 2, 3, \dots, NS-1$)들을 하나의 그룹으로 분류한다. ('Code Grouping').

<128> 그리고, 803단계에서. 상기 그룹핑된 부호들 중에서 각각의 그룹에서 제일 높은 부호율을 지닌 준 보완터보부호 C_i 를 기간부호(Primitive code in Group) C_p 로 정의한다. 여기서 C_p 는 그룹의 수에 따라 복수개가 정의될 수 있다.

<129> 상기 기간부호를 정한후, 805단계에서 상기 기간부호 C_p 의 서브부호들 C_{pj} ($j=0, 1, 2, \dots, Sp-1$)을 사용하여 각각의 그룹에 있는 모든 준보완터보부호들의 각각에 해당되는 서브부호 C_{ij} ($i=0, 1, 2, \dots, NS-1, j=0, 1, 2, \dots, Si-1$)들을 결정 한다. 다시말해, 서브부호 C_{ij} 의 R_i 를 만족하기 위해서 그루핑에 의한 상기 서브 부호 C_{pj} 의 개수를 결정한다. 즉, 상기 기간부호(C_p)에 해당하는 서브부호들을 결합하여 원하는 서브부호를 생성하는 서브 부호 그루핑(or concatenation) 방식을 사용하여 각 C_i 의 서브부호 C_{ij} 를 구한다. 물론 사전에 가능한 모든 경우의 서브부호들에 관한 그루핑을 예상하여 이를 표로 작성하여 사용할 수도 있다. 여기서 서브 부호 그루핑(Sub code grouping)을 사용할 때 고려할 것은 임의의 부호율 R_i 에 해당하는 준 보완터보부호를 생성하기 위해서 임의의 서브부호들을 순차적으로 조합하여 세로운 부호를 생성한다는 것이다.

<130> 그리고, 807단계에서 지정된 부호율에 따른 해당 준보완터보부호의 서브부호를 전송한다. 상세히, 상기 서부호 전송방식에 대해 보다 구체적으로 수식을 인용하여 설명하면 다음과 같다.

<131> 예를 들어, 임의의 그룹의 기간부호 C_p 를 다음과 같이 정의한다. 즉 grp번째 그룹(여기서 grp는 복수개의 그룹 중 임의의 그룹을 나타내는 인자로 사용된다.)의 기간부호를 C_p 라하고 이 C_p 의 세트크기(즉 C_p 에 포함되는 전체 서브부호의 개수)를 S_p 라고 정의하고, 아래의 기호를 사용하여 C_p 의 각각의 서브부호를 표시한다. 여기서 p 는 Primitive code (기간부호)를 의미하며, j 는 각각의 서브부호를 구별하는 인자이고, g 는 Grouping을 위해 그룹핑되는 서브부호의 수를 나타낸다. $g=1$ 이면 그룹핑이 없이 각각의 서브부호 자체가 사용되는 것을 의미하며 $g=2$ 이면 두 개의 서브부호가 그룹핑되어 하나의 전송부호를 생성하는 것을 의미한다. 예를 들어 기간부호의 서브부호 부호율이 $R_s=2/3$ 이면 $g=1$ 인 경우는 생성되는 부호의 부호율 역시 $r=2/3$ 이며 $g=2$ 인 경우에는 두배의 부호어심볼이 생성되므로 $r=1/3$ 이 되는 것을 의미한다. 따라서 기간부호로부터 임의의 정수개의 서브부호를 그룹핑해서 구할 수 있는 준 보완터보부호의 부호율과 각각의 준 터보보완부호에 속하는 서브부호들에 관한 일반식은 하기 <수학식 9>과 같이 정의된다. 물론 여기서, 그룹핑의 최대 수 (여기 아래식에서 행의 수를 의미)에는 제한이 없으며 시스템이 제공하는 환경에 따라 결정되는 변수이므로 여기서는 한가지 예로서 최대 4개의 서브부호가 그룹핑되는 경우를 가지고 설명한다.

<132>

$$C_{p,j}^g \quad 0 \leq j \leq S_p - 1, \quad 1 \leq g$$

$$Group\ grp = \begin{bmatrix} C_{p0}^1 & C_{p1}^1 & \cdots & C_{pS_p-1}^1 \\ C_{p0}^2 & C_{p1}^2 & \cdots & C_{pS_p-1}^2 \\ C_{p0}^3 & C_{p1}^3 & \cdots & C_{pS_p-1}^3 \\ C_{p0}^4 & C_{p1}^4 & \cdots & C_{pS_p-1}^4 \end{bmatrix}$$

【수학식 9】

<133> 상기한 <수학식 9>에서의 행렬식은 grp번째 Group의 준 보안터보부호의 서브부호들을 나타내는 행렬식이며 그 구성은 다음과 같다. 우선 행의 크기는 가능한 그룹핑의 최대 수를 의미하며 시스템이 제공하는 환경에 따라 결정되는 변수이므로 여기서는 한가지 예로서 최대 4개의 서브부호가 그룹핑되는 4의 경우를 가정한다. 참고로 행의 크기가 증가할수록 그룹핑에 의한 준 보안터보부호의 부호율은 점점 감소한다. 열의 크기는 기간부호의 세트사이즈 Sp로 결정된다. 즉, 서브부호의 수를 의미한다.

<134> 예를 들어, Cp의 부호율이 Rs=1/2이라고 하면 g=1인 첫 번째 행은 Rs=1/2인 원래의 Cp의 서브부호들을 나타낸다. (첫 번째 행의 각각의 열 성분들이 Cp의 서브부호들을 의미한다.) 따라서 두 번째 행은 g=2이므로 Rs=1/4인 준 보안터보부호의 서브부호들을 의미하며, 세 번째 행은 g=3이므로 Rs=1/6인 준 보안터보부호의 서브부호들을 의미하며, 네 번째 행은 g=4이므로 Rs=1/8인 준 보안터보부호의 서브부호들을 의미한다. 하기 수학식 10에서 앞서 언급한 각각의 서브부호와의 관계를 보였다. 하기 수학식 10에서 U는 서브부호들의 그룹핑을 의미한다. 예를 들어 Rs=1/2를 기간부호로 하는 그룹의 경우 Sp=3이므로 3개의 서브부호가 기간부호

세트에 있으며 이는 C₃₀, C₃₁, C₃₂가 된다. 따라서 위 행렬에서 열이 개수는 3이 된다. 그리고 각각의 원소는 다음과 같이 구성된다. 이것을 보면 앞서 기술한 것을 보다 명확하게 수식으로 정리한 것을 알 수 있으며 이로 인해 전송의 순서를 정량화된 알고리즘으로 수행할 수 있다.

<135>

$$\begin{aligned}
 g=1, R_s=1/2: & C_{p0}^1 = C_{30}, C_{p1}^1 = C_{31}, C_{p2}^1 = C_{32}, \\
 g=2, R_s=1/4: & C_{p0}^2 = C_{30} \cup C_{31}, C_{p1}^2 = C_{32} \cup C_{30}, C_{p2}^2 = C_{31} \cup C_{32}, \\
 g=3, R_s=1/6: & C_{p0}^3 = C_{30} \cup C_{31} \cup C_{32}, C_{p1}^3 = C_{30} \cup C_{31} \cup C_{32}, C_{p2}^3 = C_{30} \cup C_{31} \cup C_{32}, \\
 \text{【수학식 10】} & g=4, R_s=1/8: C_{p0}^4 = C_{30} \cup C_{31} \cup C_{32} \cup C_{30}, C_{p1}^4 = C_{31} \cup C_{32} \cup C_{30} \cup C_{31}, C_{p2}^4 = C_{32} \cup C_{30} \cup C_{31} \cup C_{32},
 \end{aligned}$$

<136> 따라서 상기한 수학식 10과 같은 행렬식을 이용하면 R_s=1/2를 기간부호로 하는 그룹의 경우 각각의 서브부호의 행렬은 하기 수학식 11과 같이 결정된다.

<137>

$$\text{Group grp} = \begin{bmatrix} C_{p0}^1 & C_{p1}^1 & C_{p2}^1 \\ C_{p0}^2 & C_{p1}^2 & C_{p2}^2 \\ C_{p0}^3 & C_{p1}^3 & C_{p2}^3 \\ C_{p0}^4 & C_{p1}^4 & C_{p2}^4 \end{bmatrix}$$

【수학식 11】

<138> 물론 다른 그룹에 속하는 서브부호들도 이와 동일하게 해당 구룹의 기간부호의 세트크기 Sp와 준 보완터보부호들의 부호율에 따라서 정리할 수 있다. 이 과정은 상기 방식과 동일하므로 여기서는 다시 반복기술하지 않는다.

<139> 이하 본 발명에 따른 1차원 적응형 준 보완터보부호를 생성하기 위한 구체적인 예를 설명한다. 우선 통신시스템이 요구하는 준 보완터보부호의 개수(NS)가 4라고 가정하고 이를 각 C_i(i=0,1,2,3(=NS-1))이 부호율 R_i가 각각 R₀=1/4, R₁=1/3,

$R_2=1/8$, $R_3=1/2$ 라고 가정한다. 그리고 모부호율 R 은 $1/5$ 이라고 가정하면, 상기한 각각의 단계별로 구성되는 결과는 다음과 같다.,

<140> <801 단계> 'Code Grouping'

<141> Group0={C0, C2, C3}={R0, R2, R3} Code rate={1/2, 1/4, 1/8}

<142> Group1={C1}={R1} Code rate={1/3}

<143> <803 단계> 기간부호(Primitive code in Group): $C_p = \{C1, C3\}$

<144> $C_3 (=R_3=1/2)$: Primitive code in Group 0

<145> $C_1 (=R_1=1/3)$: Primitive code in Group 1

<146> <805 단계>

<147> 기간부호(Primitive code) C_p 를 사용하여 각각의 그룹에 있는 C_i 들의 부호율 R_i 에 해당되는 서브부호 C_{ij} ($i=0, 1, 2, \dots, NS-1$, $j=0, 1, 2, \dots, Si-1$)들을 결정

<148> Group 0: QCTC with $R_s=1/2$

<149> $R=1/2$: {C30, C31, C32}

<150> $R=1/4$: {(C30, C31), (C31, C32), (C32, C30)} * 가능한 모든 경우는 3가지이다.

<151> $R=1/8$: {(C30, C31, C32)}

<152> Group 1: QCTC with $R_s=1/3$

<153> $R=1/3$: {C20, C21}

<154> 상기의 경우 $R=1/4$ 의 경우 송신기가 가능한 3가지 중에서 어느 것을 전송하고 있는지는 다음의 두가지 방식에 의해서 구분이 가능하다.

<155> 첫째, Implicit Subcode Identification(암시적 서브부호 식별): 송신기와 수신기가 동일한 전송순서를 공유하고 있으면 이 정보를 별개의 채널로 전송할 필요가 없다. 예를 들어 송신기와 수신기가 각각 Group 0을 사용하고 있다면 각각의 부호율 $R=1/2$, $R=1/4$, $R=1/8$ 에 대해서 수신기는 바로 이전까지 어느 서브부호가 전송되었는가를 저장하고 있다가 동일한 Group에 있는 새로운 서브부호가 수신되면 이 부호의 위치를 Group 0에서 찾을 수 있다. 둘째는 Explicit Subcode Identification(명백한 서브부호 식별): 송신기가 정확하게 현재 전송되는 서브부호의 종류를 수신기에게 별도의 메시지로 전달한다. 따라서 수신기는 이를 수신하여 각각의 서브부호를 결합한다. 일반적으로 채널의 전송상태가 매우 열악하지 않은 경우에는 별도의 채널을 사용하는 Explicit Subcode Identification방식을 사용하지 않고 대부분 Implicit Subcode Identification방식을 사용하여도 충분하다. 본 고안에서는 이 두가지 방식을 모두 고려하며 시스템의 메시지채널 신뢰도에 따라 이 두 방식의 사용여부를 선택하도록 한다.

<156> 도 9는 상기한 적응형 준보완터보부호 생상방식의 일 예를 보여준다. 상기 도 9는 모부호율 R 이 $1/5$ 이고, 부호율이 $1/2$ 및 $1/3$ 인 기간부호(Gp)를 가지고 부호율 $1/2$, $1/4$, $1/8$ 및 $1/3$ 인 준 보완터보부호들을 생성하는 예를 도시하고 있다. 여기서, 그룹 0에 해당하는 부호율은 $1/2$, $1/4$ 및 $1/8$ 이 되고, 그룹 1에 해당하는 부호율을 $1/3$ 및 $1/6$ 이 된다. 그룹 0의 경우, 기간부호에 해당하는 서브부호 C30, C31, C32를 순차로 조합하여 부호율 $1/4$ 및 $1/8$ 에 해당하는 서브부호들을 생성한다. 예를 들어, 서브부호 C30 및 C31을 조합(또는 서브부호 C32 및 C30를 조합 또는 서브부호 C31 및 C32를 조합)하여 부호율 $1/4$ 에 해당하는 서브부호들

을 생성한다. 그리고, 서브부호 C30, C31, C32 및 C30을 조합하여 부호율 1/8에 해당하는 서브부호를 생성한다. 한편 그룹 1의 경우, 기간부호에 해당하는 서브부호 C20, C21 및 C20를 순차로 조합하여 부호율 1/6에 해당하는 서브부호를 생성한다. 예를들어, 서브부호 C20 및 C21을 조합하여 부호율 1/6에 해당하는 서브부호를 생성한다.

<157> 도 10은 상기한 적응형 준보완터보부호 생성방식의 다른 예를 보여준다. 상기 도 10은 모부호율 R_0 이 1/5이고 부호율이 1/2 및 2/3인 기간부호(또는 준보완터보부호)를 가지고 부호율 1/2, 1/4, 1/8, 2/3, 1/3 및 1/6인 준 보완터보부호들을 생성하는 예를 도시하고 있다. 여기서, 그룹 0에 해당하는 부호율은 1/2, 1/4 및 1/8이 되고, 그룹 1에 해당하는 부호율을 2/3, 1/3 및 1/6이 된다. 그룹 0의 경우, 기간부호에 해당하는 서브부호 C30, C31, C32를 순차로 조합하여 부호율 1/4 및 1/8에 해당하는 서브부호들을 생성한다. 예를들어, 서브부호 C30 및 C31을 조합(또는 서브부호 C32 및 C30를 조합 또는 서브부호 C31 및 C32를 조합)하여 부호율 1/4에 해당하는 서브부호들을 생성한다. 그리고, 서브부호 C30, C31, C32 및 C30을 조합하여 부호율 1/8에 해당하는 서브부호를 생성한다. 한편 그룹 1의 경우, 기간부호에 해당하는 서브부호 C10, C11, C12 및 C13를 순차로 조합하여 부호율 1/3 및 1/6인 서브부호들을 생성한다. 예를들어, 서브부호 C10 및 C11을 조합(또는 서브부호 C12 및 C12를 조합 또는 서브부호 C10 및 C11을 조합)하여 부호율 1/3에 해당하는 서브부호를 생성하고, 서브부호 C10, C11, C12 및 C13을 조합하여 부호율 1/6인 서브부호를 생성한다. 상기 도 10은 채널의 상황변화와 서비스 데이터레이트의 변화에 보다 섬세하게 적응할 수 있는 구조이다.

<158> 즉, 복합재전송방식을 사용하는 시스템에서 준 보완터보부호를 사용하는 경우 채널환경에 따라 가변적인 부호율을 사용한다면 복합재전송방식 II의 구조가 바람직할 수 있다. 이러한 전제에서는 부호율이 높은 서브부호가 요구되며 따라서 $R=2/3$ 의 준 보완터보부호를 기간부호로 사용할 가능성이 많다. 물론 여기서 실시 예로 언급하지 않더라도 시스템이 요구하는 최대의 부호율에 따라 기간부호가 결정되며 상기 방식과 동일한 방법에 의하여 적응형 준 보완터보부호가 생성될 수 있음을 명시한다. 예를 들어 $R=3/4$ 의 경우에도 동일한 방식에 의해서 $R=3/4$, $R=2/3$, $R=1/3$, $R=1/6$ 등의 다양한 서브부호들이 생성될 수 있다.

<159> 하기 <표 4>와 <표 5>은 이러한 방식에 의해서 생성된 기간부호가 $R=1/2$, $1/3$ 인 경우와 $R=1/2$, $R=2/3$ 인 경우에 대한 심볼반복과 천공을 위한 행렬식을 보여준다. 하기 표 4 및 표 5에서 보듯이 복수개의 준 보완터보부호들에서 전송을 위한 각각의 서브부호는 기간부호의 Grouping에 의해 생성된다. 또한 특정 부호율의 준 보완터보부호의 각각의 서브부호는 기간부호의 순차적 Grouping에 의해 결정되는 것을 알 수 있다. 표 4에서 기간부호는 C_p ; $R=1/2$ 과 $R=1/3$ 으로 두 개의 그룹이 존재한다. 따라서 앞서 제시한 바와 같이 그룹의 서브부호 행렬에서 각각의 C_{ij} 는 표 4에서 각각의 (행, 열)의 원소인 행렬을 의미한다. 즉, C_{00} 은 $R=1/2$ 의 첫 번째 서브부호인 (C_{30})으로 표기된 행렬을 의미한다. C_{01} 은 $R=1/2$ 의 두 번째 서브부호인 (C_{31})으로 표기된 행렬을 의미한다. C_{02} 는 $R=1/2$ 의 세 번째 서브부호인 (C_{32})으로 표기된 행렬을 의미한다. 또한 예로 앞서 전송방식에서 제시한 서브부호 행렬에서 C_{22} 는 $R=1/4$ 의 두 번째 서브부호인 ($C_{32} \cup C_{30}$)으로 표기된 행렬을 의미한다. C_{23} 은 $R=1/4$ 의 세 번째 서브부호인 ($C_{31} \cup C_{32}$)로 표기된 행렬

을 의미한다. 따라서 표 4는 $R=1/2$ 과 $R=1/3$ 을 C_p 로 하는 두 개의 그룹이 사용된다. 동일하게 표 5에서도 $R=1/2$ 과 $R=2/3$ 를 C_p 로 하는 두 개의 그룹이 사용된다.

<160> 한편, 단말기와 시스템은 하기 <표 4> 및 <표 5>와 같은 행렬식 테이블을 구비하고 지정된 부호율(또는 전송율)에 따른 행렬식을 상기 테이블에서 읽어와 모부호율의 터보부호기에서 발생하는 심볼을 반복 및 천공 제어하여 서브부호를 전송할 수도 있고, 미리 주어진 알고리즘에 따라 해당 행렬식을 생성하고 생성된 행렬식에 근거하여 심볼의 반복 및 천공 제어를 수행하여 서브부호를 전송할 수도 있다.

<161>

【표 4】

Code Rate(R_i)	C_{i0}	C_{i1}	C_{i2}	C_{i3}
$R_0=1/2$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$	NA
$R_1=1/4$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$	NA
$R_2=1/6$	$\begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$	NA
$R_3=1/8$	$\begin{bmatrix} 3 & 3 \\ 2 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 2 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 2 \\ 2 & 1 \\ 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 3 & 3 \\ 1 & 1 \\ 1 & 2 \\ 1 & 1 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$	NA
$R_4=1/3$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	NA	NA

【표 5】

Code Rate(R_i)	C_{i0}	C_{i1}	C_{i2}	C_{i3}
$R_0=1/2$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$	NA
$R_1=1/4$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$	NA
$R_2=1/6$	$\begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$	NA
$R_3=1/8$	$\begin{bmatrix} 3 & 3 \\ 2 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 2 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 2 \\ 2 & 1 \\ 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 3 & 3 \\ 1 & 1 \\ 1 & 2 \\ 1 & 1 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$	NA
$R_4=2/3$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
$R_5=1/3$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$

<163> 도 13은 2차원 준 보완터보부호 및 적응형 준 보완터보부호를 전송하기 위한 장치를 도시하고 있다. 도 13을 참조하면, 채널부호기(1301)는 모부호율(여기서는 $R=1/5$ 을 가정)을 지닌 부호기로 매 입력되는 정보어블록을 부호화하여 부호화 심

볼들을 출력한다. 준 보완터보부호 생성/선택전송기(1302)는 상기 채널부호기(1301)로부터의 상기 부호화 심볼들을 제어기(1303)의 제어하에 천공 및 반복하여 본 발명에 따른준 보완터보부호들을 발생한다. 상기 제어기(1303)은 기본적으로, 표 3 내지 표 5와 같은 서브부호들을 생성하기 위한 생성행렬식들을 저장하는 메모리 테이블을 구비하며, 상술한 전송방식에 따라서 2차원 준 보완터보부호의 경우 도 12와 같은 알고리즘에 의해서 각각의 부호율에 관계없이 서브부호의 첨자 j의 오름차순으로 전송하도록 상기 부호생성기(1302)를 제어하며, 적응형 준 보완터보부호인 경우 상기 도 11의 알고리즘을 수행하여 상기 부호생성기(1302)를 제어한다.

<164> 다른 예로, 상기 제어기(1303)가 매 서브부호 전송시점에서 도 11 및 도 12와 같은 알고리즘에 의해 표 3 내지 표 5의 행렬식중 어느 하나를 선택하는 인덱스 신호를 상기 생성기(1302)로 제공하고, 상기 생성기(1302)에서 미리 구비하고 있는 상기 표 3 내지 5의 테이블에서 상기 인덱스에 해당하는 행렬식을 리드하고, 리드된 행렬식에 근거하여 상기 채널부호기(1301)로부터의 심볼들을 천공 및 반복 제어하여 서브부호를 출력할수도 있다.

<165> 다음으로 서브부호의 전송 순서를 결정하는 방식에 대해 상세히 설명한다.

<166> 상기 도 11은 1차원 적응형 준보완터보부호를 전송하기 위한 절차를 도시하고 있다.

<167> 상기 도 11을 참조하면, 먼저, 1100단계에서 새로운 부호화 블록(encoded block)이 발생하면, 1101단계에서 사용되는 모든 변수들(j, j_pre, j_save,

`g_saved`)를 초기화한다. 그리고, 1103단계에서 전송 부호율에 따라 해당 그룹과 해당 행의 값인 `g`를 결정한다. 여기서, 상기 전송 부호율은 채널상황과 입력데이터 레이트 등에 의해 송신기에서 결정하는 변수이다. 상기 그룹과 해당 행의 값인 `g`를 결정한후, 1105단계에서 해당 준보완터보부호 C_i 에 대응되어 저장되어 있는 변수 `j`를 읽어온다. 그리고, 1107단계에서 상기 해당 그룹과 해당 행의 값인 `g`에서 `j`번째 서브부호를 선택하고, 1109단계에서 상기 선택된 서브부호를 전송한다. 즉, 하기 수학식 12와 같은 서브부호를 선택한다.

<168>

$$\forall g \quad C_{p_0}^g, \quad g = 1, \dots,$$

【수학식 12】

<169> 상기와 같이, 서브부호를 전송한후, 1111단계에서 계속 서브부호를 요청하는지를 판단한다. 만일, 상기 서브부호를 요청하는 경우 1113단계로 진행하여 다음 서브부호 전송을 수행하고, 그렇지 않으면 새로운 부호화 블록을 생성하기 위해 상기 1100단계로 되돌아간다.

<170> 그리고, 상기 1113단계에서 채널 환경에 따른 부호율 결정정보를 사용하여 그룹을 다시 선택한다. 그리고, 1115단계에서 이전 선택한 그룹과 동일한 그룹이 선택되었는지 판단한다. 만일, 동일한 그룹이 선택되면 1117단계로 진행하고, 그렇지 않으면 1121단계로 진행한다.

<171> 그리고, 상기 1117단계에서 하기 수학식 13과 같은 관계식에 의해서 임의의 서브부호(행렬에서 원소)를 결정한다. 그리고, 1119단계에서 다음 서브부호 선택을

위해 j 및 g 를 저장한후, 상기 1107단계로 되돌아가 상기 결정된 서브부호를 전송한다. 하기 수학식 13에서 $A \bmod B$ 는 A 를 B 로 나눈 나머지를 의미한다. 즉, 이전 전송한 서브부호의 그룹핑 개수와 각각의 서브부호를 식별하는 첨자를 j_{pre} 와 g_{pre} 라고 하면, 현재 전송할 서브부호의 첨자 j_{current} 는 하기 수학식 13에 의해서 결정되며 이 첨자에 해당되는 열에 있는 임의의 서브부호중 전송 부호율(이것은 채널상황과 입력데이터 레이트 등에 의해서 송신기가 결정하는 변수)에 따라 결정되는 하나의 g 번째 행의 서브부호를 선택하여 전송한다. 하기 수학식 13에서 $\bmod S_p$ 를 사용하는 것은 상기 행렬의 열의 크기가 S_p 보다 작거나 같기 때문이다. 즉 기간부호 세트의 서브부호의 개수가 S_p 이므로 이 후에는 이를 순환하여 다시 처음의 서브부호 C_{p0} 로 전환하기 위해서이다.(첨부된 도면 도 9 및 도 10을 참조)

<172>

$$j_{\text{current}} = (j_{\text{pre}} + g_{\text{pre}}) \bmod S_p$$

$$\forall g \quad C_{pj_{\text{current}}}^g, \quad g = 1, \dots,$$

【수학식 13】

<173> 한편, 상기 1115단계에서 다른 그룹이 선택되었다고 판단되면, 상기 1211단계로 진행하여 현재 j 와 g 를 j_{saved} 및 g_{saved} 에 저장한후 다시 상기 1103단계로 되돌아가 이하 단계를 재수행하여 전송할 서브부호를 결정한다. 단, 이 과정에서 이전 그룹에서 마지막으로 사용한 서브부호의 첨자 j_{pre} 를 보존하여야 한다. 이는 다음에 다시 이 그룹이 선택될 경우 이 j_{pre} 를 사용하여 계속해서 순서2를 진행하여야 하기 때문이다.

<174> 상기한 도 11의 과정을 구체적인 수치를 대입하여 설명하면 다음과 같다.

<175> 예를 들어, 상기 $R_s=1/2$ 이고 g 이 최대값이 4인 즉, $R_s=1/8$ 까지 가능한 구조에서 $S_p=3$ 인 경우 초기 전송과 연이은 전송에 따른 부호율의 변화가 다음과 같다면 위 식은 아래의 서브부호들을 선택한다.

<176> $R_s: 1/2 \rightarrow R_s:1/4 \rightarrow R_s:1/2 \rightarrow R_s:1/8 \rightarrow R_s:1/2$

<177> $j_{pre}=0$: 초기화 값

<178> 1. $R=1/2$: 따라서 $g=1$, $j_{current}=0$ 따라서 $g_{pre}=1$, $j_{pre}=0$

<179>
선택된 서브부호: $C_{p^0}^1$

<180> 2. $R=1/4$: 따라서 $g=2$, $j_{current}=(j_{pre}+g_{pre}) \bmod 3 = 1$, 따라서 $g_{pre}=2$, $j_{pre}=1$

<181>
선택된 서브부호: $C_{p^1}^2$

<182> 3. $R=1/2$: 따라서 $g=1$, $j_{current}=(j_{pre}+g_{pre}) \bmod 3 = 0$, 따라서 $g_{pre}=1$, $j_{pre}=0$

<183>
선택된 서브부호: $C_{p^0}^1$

<184> 4. $R=1/8$: 따라서 $g=4$, $j_{current}=(j_{pre}+g_{pre}) \bmod 3 = 1$, 따라서 $g_{pre}=4$, $j_{pre}=1$

<185>
선택된 서브부호: $C_{p^1}^4$

<186> 5. $R=1/2$: 따라서 $g=1$, $j_{current}=(j_{pre}+g_{pre}) \bmod 3 = 2$, 따라서 $g_{pre}=1$, $j_{pre}=2$ (순서2)

<187> 선택된 서브부호: C_{p2}^1

<188> :

<189> 이상 전송할 서브부호 선택방식을 자세히 기술하였다. 앞서 설명한 바와 같이 각 그룹에서는 서브부호 선택은 상기한 수학식 13과 같은 일반화된 수식에 의해서 이루어지고, 또한 각각의 그룹간의 선택은 전송 부호율(이것은 채널상황과 입력데이터 레이트 등에 의해서 송신기가 결정하는 변수임)에 따라 결정된다. 도면에 도시된 바와 같이, 각각의 그룹에서도 초기 전송에는 반드시 j첨자가 0인 것부터 진행한다.

<190> 상기 도 12는 본 발명에 따른 2차원 준 보완터보부호를 전송하기 위한 절차를 도시하고 있다.

<191> 상기 도 12를 참조하면, 먼저 1200단계에서 새로운 부호화 블록이 생성되면, 1201단계에서 필요한 변수들(j 및 j_saved)를 초기화시킨다. 그리고, 1203단계에서 채널환경 및 전송 환경에 따라 결정되는 부호율에 따라서 해당 준보완터보부호(C_i)를 결정한다. 그리고, 1205단계에서 상기 결정된 준보완터보부호(C_i)에 대응되어 저장되어 있는 변수 j를 리드하고, 1207단계에서 상기 준보완터보부호의 j번째 서브부호 C_{ij} 를 선택한다. 그리고, 1209단계에서 상기 선택된 서브부호를 전송한다. 엄밀히, 상기 서브부호 C_{ij} 는 모부호율의 부호를 요구되는 부호율의 서브부호를 만들기 위해 사용되는 천공행렬식을 의미한다.

<192> 상기 서브부호를 전송한후, 1211단계에서 계속 서브부호 요청이 있는지를 판단한다. 만일, 서브부호 요청이 없으면 상기 1200단계로 되돌아가 새로운 부호화 블록을 생성한다. 반면, 서브부호 요청이 있으면 1213단계로 진행하여 채널 환경에 따른 부호율 결정정보를 사용하여 다시 해당 준보완터보부호(Ci)를 선택한다. 그리고, 1215단계에서 상기 선택한 준보완터보부호가 이전 선택한 준보완터보부호와 동일한지를 판단한다. 만일, 동일하면 서브부호를 선택하기 위한 변수 j를 하기 수학식 14에 의해 갱신한후, 상기 1207단계로 되돌아가 해당 서브부호를 전송한다. 반면, 상이하면 1219단계로 진행하여 다음 서브부호 선택을 위해 전송한 서브부호에 대한 변수 j를 저장한후 상기 1203단계로 되돌아가 이하 단계를 재수행한다.

<193>
【수학식 14】 $j = (j+1) \bmod Si$

【발명의 효과】

<194> 상술한 바와 같이 본 발명은 통신시스템에서 터보 보완 부호(및 터보 준 보완 부호)를 생성할 수 있다. 상기 터보 보완 부호를 패킷 재전송 방식에 이용하여 전송효율(throughput)을 크게 개선할수 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

준 터보보완부호 전송방법에 있어서,

주어진 복수개의 부호율들의 각각에 대하여 준 보완터보부호(QCTC)들을 생성하는 과정과,

상기 준보완터보부호들의 각각에 대하여 주어진 규칙에 의해 서브부호들의 전송 우선순위를 결정하는 과정과,

상기 결정된 우선순위에 따라 상기 부호율들중 지정된 부호율에 해당하는 준보완터보부호의 해당 서브부호를 전송하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 2】

준보완터보부호 전송방법에 있어서,

주어진 복수개의 부호율들 중에서 상호간 정수비가 존재하는 부호율들을 하나의 그룹으로 분류하여 복수의 그룹들을 만드는 과정과,

상기 복수의 그룹들의 각각에서 최대의 부호율에 해당하는 준보완터보부호를 기간부호로 결정하는 과정과,

상기 복수개의 부호율들의 각각에 해당하는 준보완터보부호들을 소정 규칙에 의해 상기 기간부호의 서브부호들을 그루핑하여 생성하는 과정과,

상기 복수개의 부호율들중 지정된 부호율에 따라 상기 준보완터보부호의 해당 서브부호를 전송하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 3】

터보부호기와,

미리 결정된 복수개의 부호율들에 따른 복수의 준보완터보부호들의 각각에 해당하는 서브부호들을 생성하기 위한 행렬식들을 저장하는 메모리 테이블과, 특정 준보완터보부호에 대응하는 천공 행렬식들은 전송 우선순위에 따라 정렬되어 저장되며,

상기 복수개의 부호율들중 지정된 부호율에 따른 준보완터보부호의 서브부호에 해당하는 행렬식을 상기 메모리 테이블로부터 리드하고, 리드된 행렬식에 따른 천공 및 반복 제어신호를 발생하는 제어기와,

상기 터보부호기로부터의 심볼들을 상기 천공 및 반복 제어신호에 따라 천공 및 반복하여 서브부호를 발생하는 서브부호 발생기를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

【청구항 4】

제3항에 있어서, 상기 메모리 테이블은 하기와 같이 구성되는 것을 특징으로 하는 장치.

	C0	C1	C2	C3
R=1/2	$\begin{bmatrix} X \\ Y_0 \\ Y_1 \\ Y'_0 \\ Y'_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	NA
R=1/3	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	NA	NA
R=1/4	$\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	NA	NA
R=1/8	$\begin{bmatrix} 2 \\ 2 \\ 1 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}$	NA	NA	NA

【청구항 5】

터보부호기와,

특정 준보완터보부호의 서브부호들을 소정 규칙에 의해 그루핑하여 만들어지는 복수의 준보완터보부호들의 각각에 해당하는 서브부호들을 생성하기 위한 $i*j$ (i 는 준보완터보부호의 개수, j 는 하나의 준보완터보부호에 해당하는 서브부호의 개수)개의 행렬식들을 저장하는 메모리 테이블과,

상기 복수개의 부호율들중 지정된 부호율에 따른 준보완터보부호의 서브부호에 대응하는 행렬식의 인덱스를 하기 수학식 15를 이용하여 구하고, 상기 구해진 인덱스에 해당하는 행렬식을 상기 메모리 테이블로부터 리드하며, 리드된 행렬식에 따른 천공 및 반복 제어신호를 발생하는 제어기와,

$$\text{【수학식 15】 } j = (j_{pre} + g_{pre}) \bmod Sp$$

여기서, j 는 이번에 전송할 서브부호의 열 인덱스이고, Sp 는 기간부호의 서브부호의 개수이고, j_{pre} 는 이전 전송한 서브부호의 열 인덱스, g_{pre} 는 이전 전송한 서브부호의 행 인덱스를 나타냄.

상기 터보부호기로부터의 심볼들을 상기 천공 및 반복 제어신호에 따라 천공 및 반복하여 서브부호를 발생하는 서브부호 발생기를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

【청구항 6】

제5항에 있어서, 상기 테이블은 하기와 같이 구성되는 것을 특징으로 하는 장치 .

Code Rate(R_i)	C_{i0}	C_{i1}	C_{i2}	C_{i3}
$R_0=1/2$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$	NA
$R_1=1/4$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$	NA
$R_2=1/6$	$\begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$	NA
$R_3=1/8$	$\begin{bmatrix} 3 & 3 \\ 2 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 2 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 2 \\ 2 & 1 \\ 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 3 & 3 \\ 1 & 1 \\ 1 & 2 \\ 1 & 1 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$	NA
$R_4=1/3$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	NA	NA

【청구항 7】

제5항에 있어서, 상기 테이블은 하기와 같이 구성되는 것을 특징으로 하는
장치.

Code Rate(R_i)	C_{i0}	C_{i1}	C_{i2}	C_{i3}
$R_0=1/2$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$	NA
$R_1=1/4$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$	NA
$R_2=1/6$	$\begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$	NA
$R_3=1/8$	$\begin{bmatrix} 3 & 3 \\ 2 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 2 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2 & 2 \\ 1 & 2 \\ 2 & 1 \\ 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 3 & 3 \\ 1 & 1 \\ 1 & 2 \\ 1 & 1 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$	NA
$R_4=2/3$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
$R_5=1/3$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$

【청구항 8】

준 보완터보부호 전송방법에 있어서,

미리 결정된 복수개의 부호율들에 따른 복수의 준보완터보부호들의 각각에 해당하는 서브부호들을 생성하기 위한 천공 행렬식들을 저장하는 메모리 테이블

을 구비하는 과정과, 특정 준보완터보부호에 대응하는 천공 행렬식들은 전송 우선순위로 정렬되어 저장되며,

상기 복수개의 부호율들중 지정된 부호율에 따른 준보완터보부호의 서브부호에 해당하는 행렬식을 상기 메모리 테이블로부터 리드하고, 상기 리드된 행렬식에 따른 천공 및 반복 제어신호를 발생하는 과정과,

상기 천공 및 반복 제어신호에 따라 터보부호기로부터의 심볼들을 천공 및 반복하여 서브부호들을 발생하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 9】

준 보완터보부호 전송방법에 있어서,
특정 준보완터보부호의 서브부호들을 소정 규칙에 의해 그루핑하여 만들어지는 복수의 준보완터보부호들의 각각에 해당하는 서브부호들을 생성하기 위한
 $i*j$ (i 는 준보완터보부호의 개수, j 는 하나의 준보완터보부호에 해당하는 서브부호의 개수)개의 행렬식들을 저장하는 메모리 테이블을 구비하는 과정과,

상기 복수개의 부호율들중 지정된 부호율에 따른 준보완터보부호의 서브부호에 해당하는 행렬식의 인덱스를 하기 수학식 16를 이용하여 구하는 과정과,

$$【수학식 16】 \quad j = (j_{pre} + g_{pre}) \bmod Sp$$

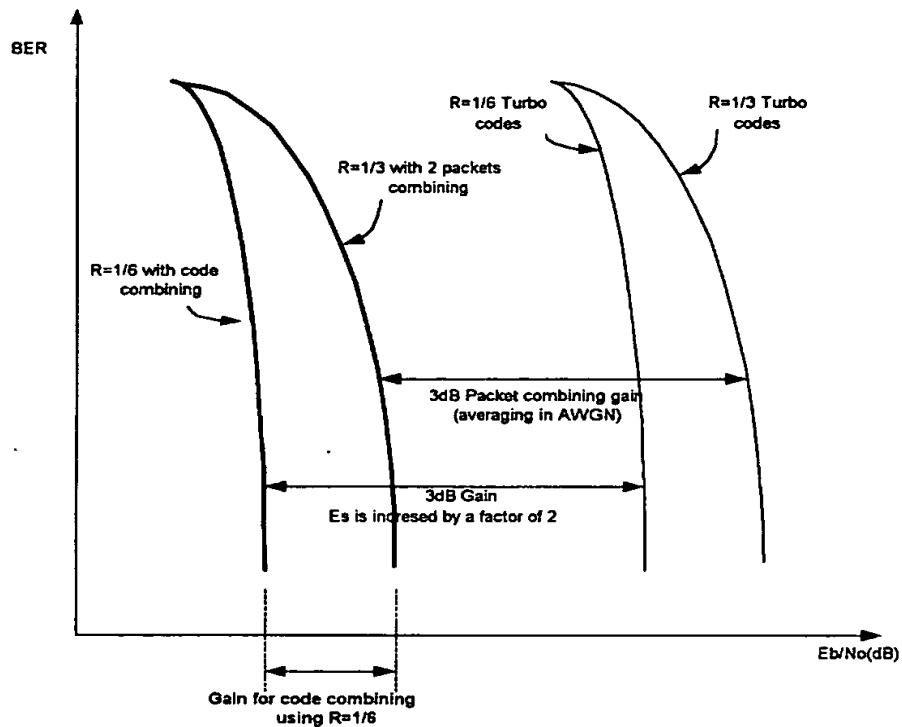
여기서, j 는 이번에 전송할 서브부호의 열 인덱스이고, Sp 는 기간부호의 서브부호의 개수이고, j_{pre} 는 이전 전송한 서브부호의 열 인덱스, g_{pre} 는 이전 전송한 서브부호의 행 인덱스를 나타냄.

상기 구해진 인덱스에 해당하는 행렬식을 상기 메모리 테이블로부터 리드하는
과정과,

상기 리드된 행렬식에 따른 천공 및 반복 제어신호를 생성하는 과정과,
터보 부호기로부터의 심볼들을 상기 천공 및 반복 제어신호에 따라 천공 및 반복
하여 서브부호를 발생하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

【도면】

【도 1】

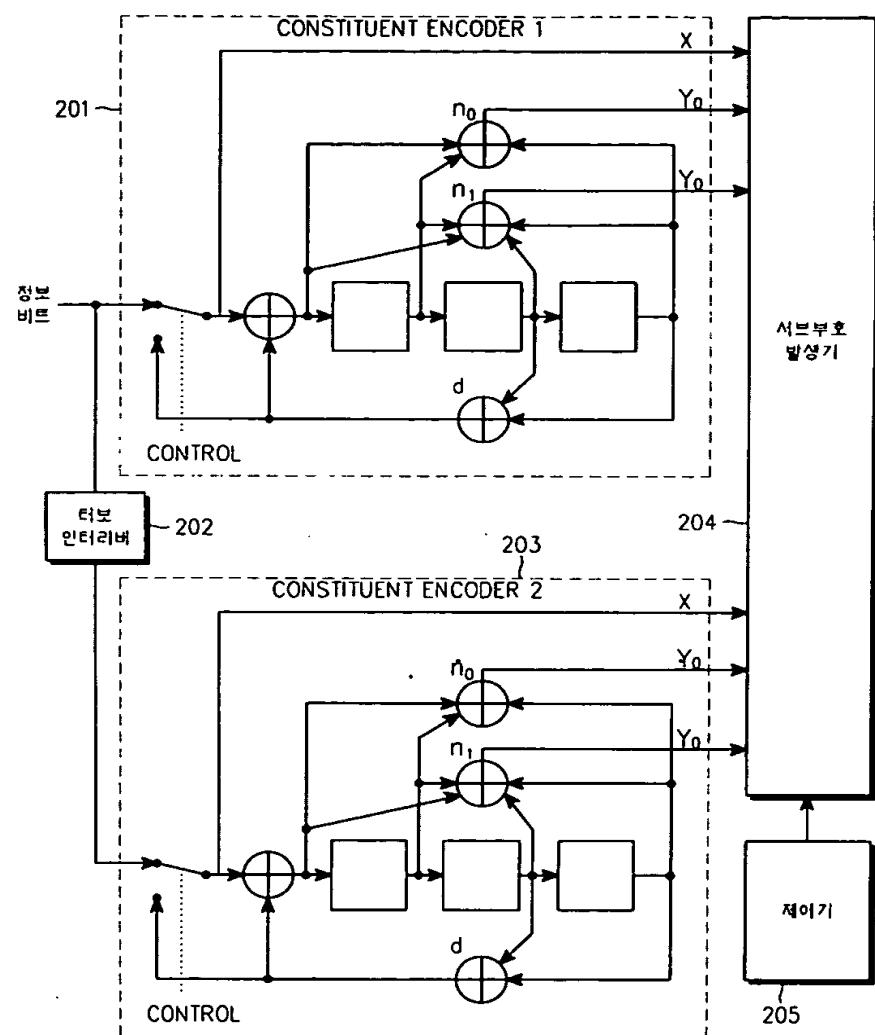
 $E_s \text{ of } R=1/3 = E_s \text{ of } R=1/6$

HARQ Type II/III

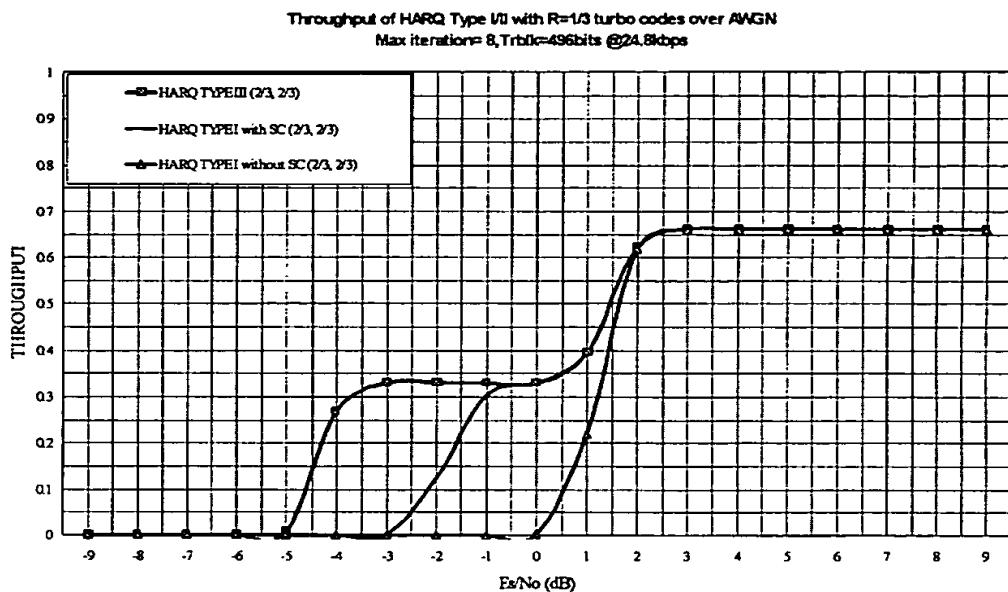
 $E_s \text{ of } R=1/3 = 2 \times E_s \text{ of } R=1/6$

Non HARQ

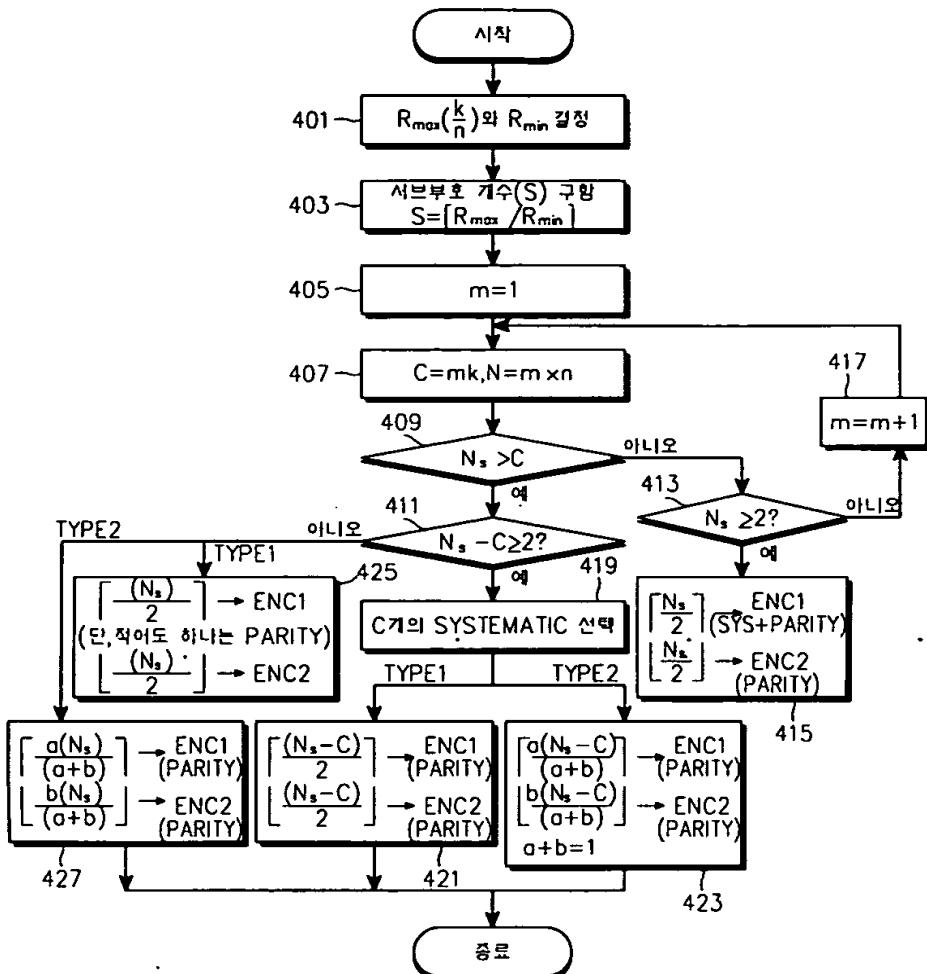
【도 2】



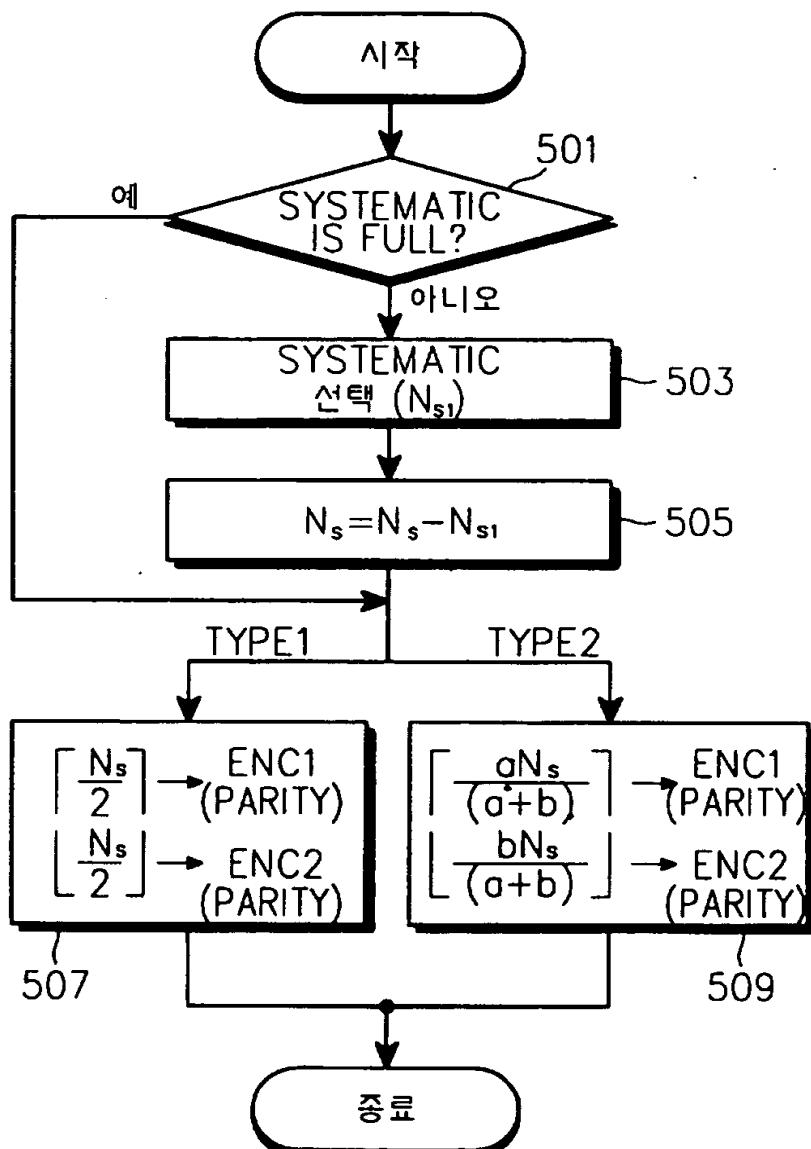
【도 3】



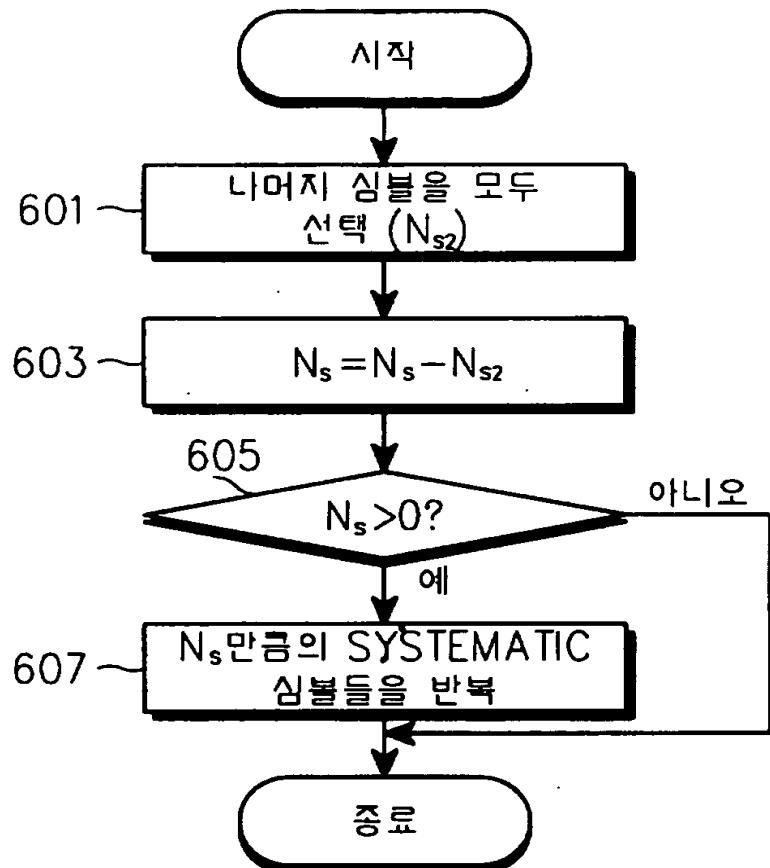
【도 4】



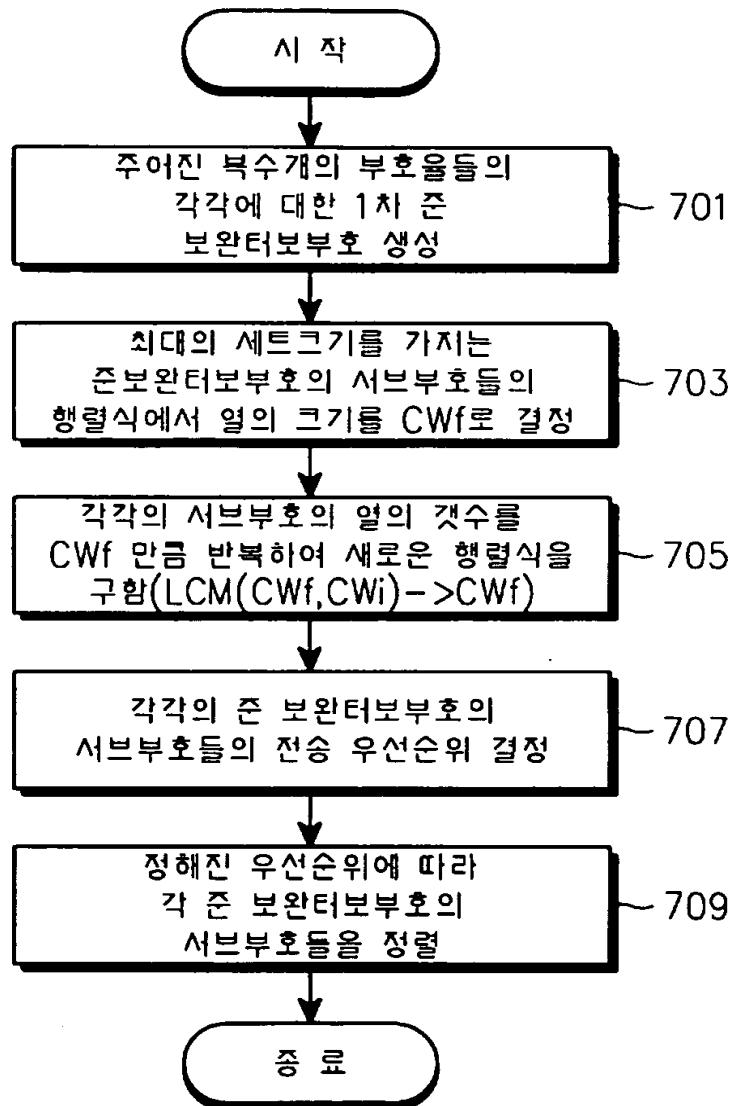
【도 5】



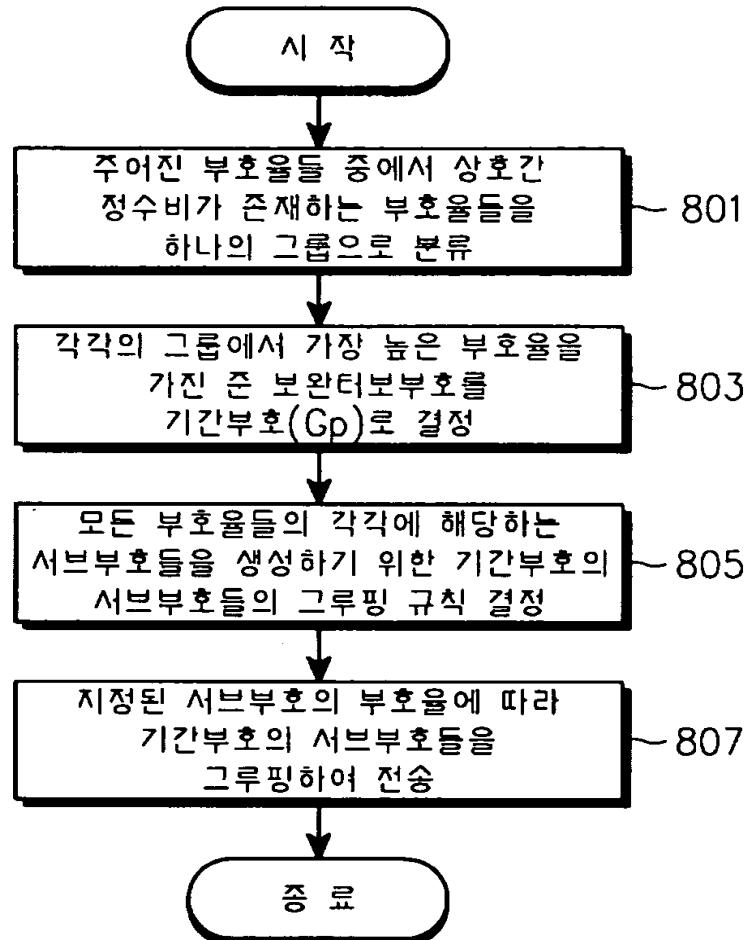
【도 6】



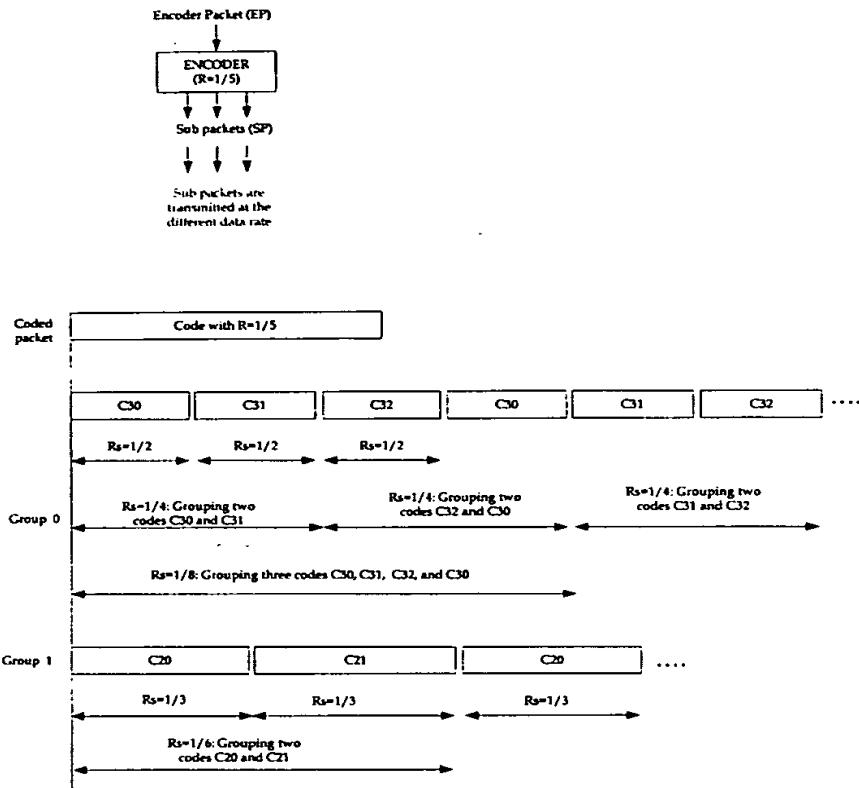
【도 7】



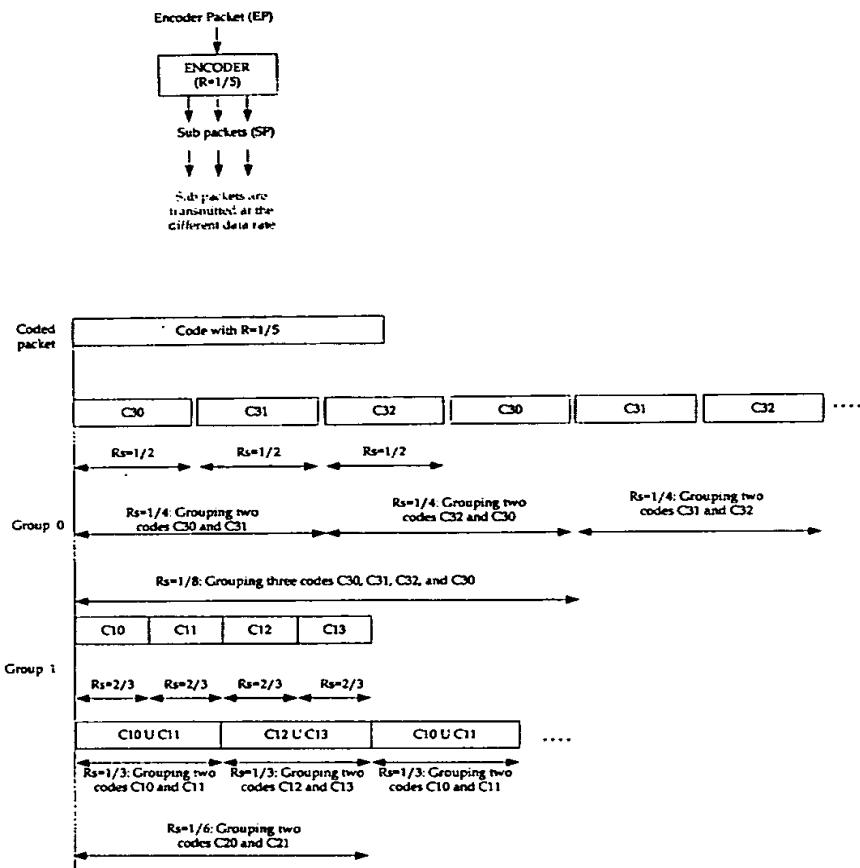
【도 8】



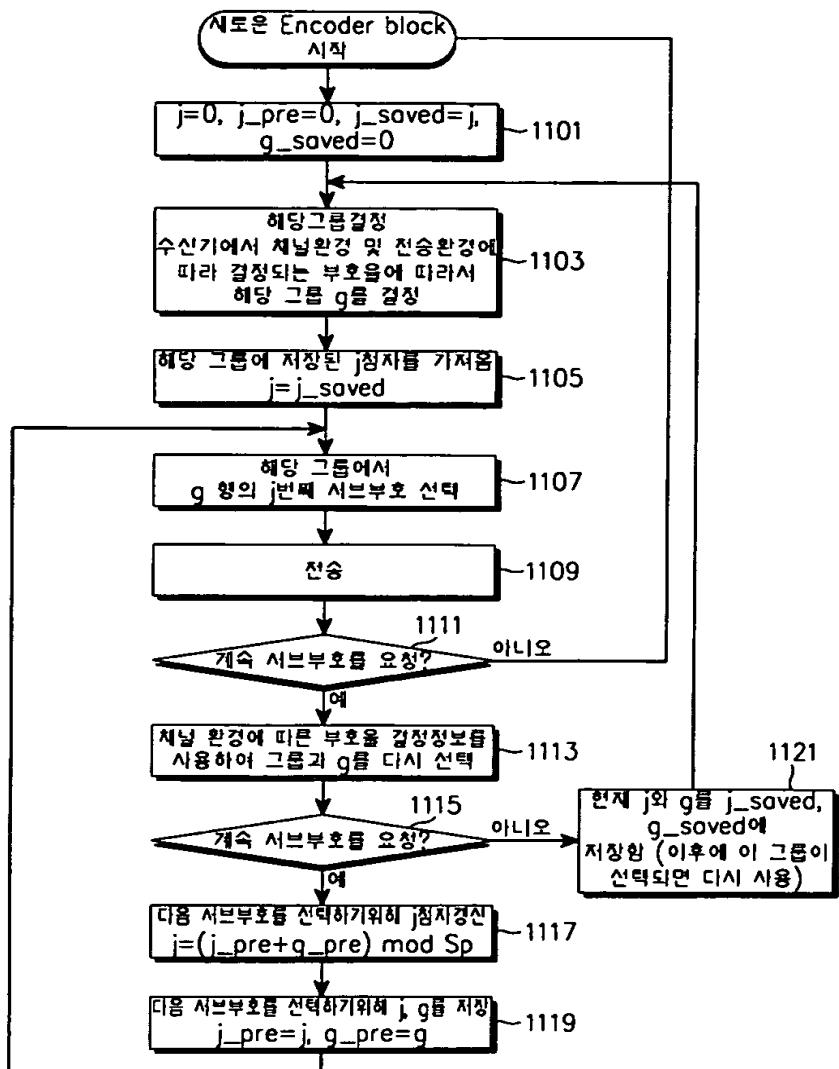
【도 9】



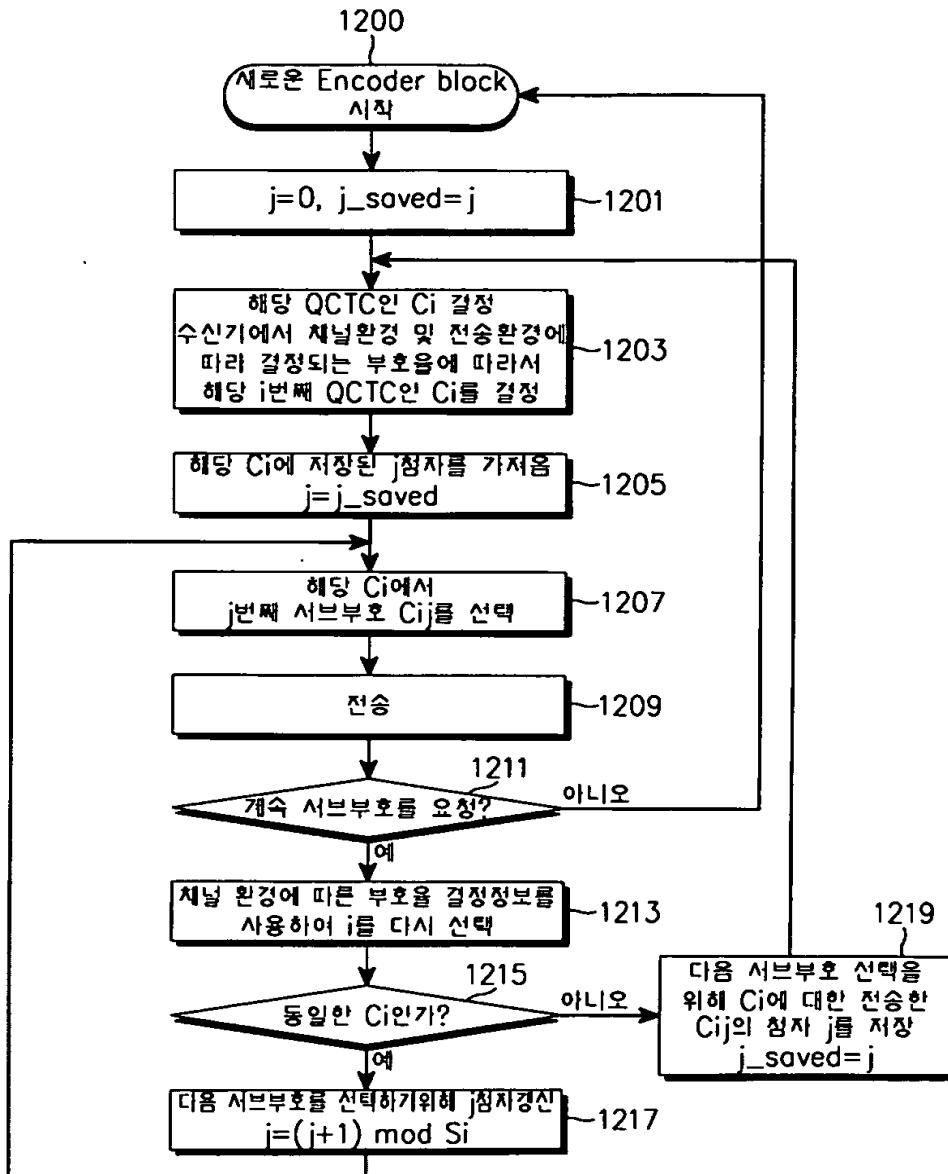
【도 10】



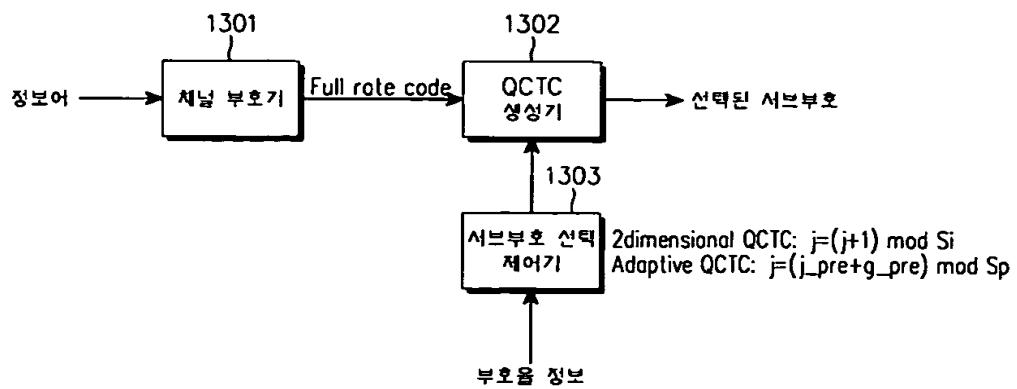
【도 11】



【도 12】



【도 13】



【서지사항】

【서류명】 서지사항 보정서

【수신처】 특허청장

【제출일자】 2001. 10. 25

【출원인】

【명칭】 삼성전자 주식회사

【출원인코드】 1-1998-104271-3

【사건과의 관계】 출원인

【대리인】

【성명】 이건주

【대리인코드】 9-1998-000339-8

【포괄위임등록번호】 1999-006038-0

【사건의 표시】

【출원번호】 10-2001-0006662

【출원일자】 2001.02.12

【발명의 명칭】 통신시스템에서 부호 생성장치 및 방법

【제출원인】

【접수번호】 1-1-01-0029423-49

【접수일자】 2001.02.12

【보정할 서류】 특허출원서

【보정할 사항】

【보정대상 항목】 발명자

【보정방법】 정정

【보정내용】

【발명자】

【성명의 국문표기】 김민구

【성명의 영문표기】 KIM,Min Goo

【주민등록번호】 640820-1067025

【우편번호】 442-470

【주소】 경기도 수원시 팔달구 영통동 973-3 우성아파트 822-406

【국적】 KR

1020010006662

출력 일자: 2002/2/7

【발명자】

【성명의 국문표기】 장재성
【성명의 영문표기】 JANG, Jae Sung
【주민등록번호】 640617-1030719
【우편번호】 427-010
【주소】 경기도 과천시 중앙동 주공아파트 1102동 203
호
【국적】 KR

【취지】 특허법시행규칙 제13조·실용신안법시행규칙 제8조
의 규정에의하여 위와 같 이 제출합니다. 대리인
이건주 (인)

【수수료】

【보정료】 0 원
【기타 수수료】 0 원
【합계】 0 원